

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA**

**RISCO DE INTRODUÇÃO E DISPERSÃO DA MURCHA POR FUSARIUM DA  
BANANEIRA *Fusarium oxysporum* F. sp. cubense RAÇA 4 TROPICAL, NO  
VALE DO RIBEIRA, SÃO PAULO, BRASIL**

Ana Paula de Souza Lima  
*Magister Scientiae*

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**ANA PAULA DE SOUZA LIMA**

**RISCO DE INTRODUÇÃO E DISPERSÃO DA MURCHA POR FUSARIUM DA  
BANANEIRA *Fusarium oxysporum* F. sp. cubense RAÇA 4 TROPICAL, NO  
VALE DO RIBEIRA, SÃO PAULO, BRASIL**

Dissertação Mestrado Profissional  
apresentada à Universidade Federal de  
Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Defesa  
Sanitária Vegetal (Profissionalizante),  
para obtenção do título de *Magister  
Scientiae*.

Orientador: Emerson Medeiros Del Ponte

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

L732r  
2025  
Lima, Ana Paula de Souza, 1984-  
Risco de introdução e dispersão da Murcha por *Fusarium* da  
bananeira, *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raça 4 tropical, no  
Vale do Ribeira, São Paulo, Brasil / Ana Paula de Souza Lima. –  
Viçosa, MG, 2025.

1 dissertação eletrônica (65 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Emerson Medeiros Del Ponte.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,  
Departamento de Fitopatologia, 2025.

Referências bibliográficas: f. 59-65.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.284>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Fusariose. 2. Banana - Doenças e pragas - Avaliação de  
riscos. 3. Avaliação de riscos ecológicos. 4. Biossegurança.  
I. Del Ponte, Emerson Medeiros, 1973-. II. Universidade Federal  
de Viçosa. Departamento de Fitopatologia. Programa de  
Pós-Graduação em Defesa Sanitária Vegetal. III. Título.

CDD 22. ed. 634.77294

**ANA PAULA DE SOUZA LIMA**

**RISCO DE INTRODUÇÃO E DISPERSÃO DA MURCHA POR FUSARIUM DA  
BANANEIRA *Fusarium oxysporum* F. sp. cubense RAÇA 4 TROPICAL, NO  
VALE DO RIBEIRA, SÃO PAULO, BRASIL**

Dissertação Mestrado Profissional  
apresentada à Universidade Federal de  
Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Defesa  
Sanitária Vegetal (Profissionalizante), para  
obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de fevereiro de 2025.

Assentimento:

---

Ana Paula de Souza Lima  
Autora

---

Emerson Medeiros Del Ponte  
Orientador

Essa dissertação mestrado profissional foi assinada digitalmente pela autora em 21/05/2025 às 16:16:36 e pelo orientador em 21/05/2025 às 19:15:54. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **RAM3.VNEU.RIOL** e clique no botão 'Validar documento'.

Dedico a Deus, meu Senhor e Salvador,  
autor da vida e fonte de toda sabedoria.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

A jornada até a conclusão deste trabalho foi repleta de desafios, aprendizados e conquistas, e não teria sido possível sem o apoio e a dedicação de muitas pessoas às quais expresso minha mais profunda gratidão.

Agradeço imensamente ao meu orientador, Prof. Dr. Emerson Del Ponte, por sua paciência, incentivo e valiosas contribuições acadêmicas. Agradeço pelas orientações teóricas e metodológicas, e pelo rigor acadêmico. Sua disponibilidade e expertise foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Dr. Wilson da Silva Moraes, coorientador e grande amigo, agradeço pela orientação, paciência e incentivo ao longo desta caminhada. Sua amizade e conselhos foram fundamentais nos momentos de desafios e dúvidas.

Agradeço ao Dr. Miguel Dita, coorientador, sua experiência como especialista no tema proposto nesta dissertação foi essencial para o amadurecimento das ideias e para a construção de um trabalho sólido e relevante. Sou grata pela generosidade com que compartilhou seus conhecimentos.

Agradeço também aos membros da banca examinadora, Dr. Luiz Antonio Teixeira e Dr. Marco Antônio Basseto, pelas críticas construtivas e sugestões que aprimoraram o trabalho.

À Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo, por autorizar a dispensa das atividades nos períodos necessários.

Um agradecimento especial ao meu marido, companheiro de todas as horas, cujo amor, paciência e apoio foram essenciais para que eu pudesse seguir firme nesta caminhada. Obrigada por estar ao meu lado, compartilhando cada conquista e me dando forças nos momentos de incerteza. Seu incentivo e compreensão foram fundamentais para que eu pudesse equilibrar os desafios do mestrado com a vida pessoal. Nada disso teria sido possível sem você.

Aos meus filhos, que, com seus sorrisos e abraços, me deram forças para continuar. Sei que muitas vezes precisei dividir meu tempo entre os estudos e a família, mas cada esforço foi pensando em vocês e no futuro

que desejo construir.

Aos meus familiares, em especial à minha mãe, Sônia Lacerda, pelo amor, compreensão, apoio incondicional e incentivo, que foram essenciais para que eu pudesse superar todos os obstáculos e alcançar este importante resultado em minha vida acadêmica e pessoal.

A todos, muito obrigada!

## RESUMO

LIMA, Ana Paula de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2025. **RISCO DE INTRODUÇÃO E DISPERSÃO DA MURCHA POR FUSARIUM DA BANANEIRA *Fusarium oxysporum* F. sp. cubense RAÇA 4 TROPICAL, NO VALE DO RIBEIRA, SÃO PAULO, BRASIL.** Orientador: Emerson Medeiros Del Ponte.

A murcha por Fusarium, causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raça 4 tropical (Foc R4T), é uma ameaça global à bananicultura devido à falta de variedades resistentes e às perdas significativas que pode causar. A presença da doença em países vizinhos, como Venezuela, Peru e Colômbia, aumenta o risco de entrada no Brasil, com impactos econômicos e sociais severos para pequenos e médios produtores. Este estudo objetivou caracterizar os riscos associados à introdução e propagação do Foc R4T em propriedades do Vale do Ribeira, São Paulo, utilizando questionários aplicados a 387 produtores para avaliar fatores de localização, biossegurança e condições fitossanitárias. Um índice normalizado de risco foi desenvolvido para comparar propriedades e identificar pontos críticos. Os resultados apontaram fragilidades em medidas de biossegurança, como ausência de protocolos de desinfestação de veículos e ferramentas, além de práticas inadequadas de manejo, como o uso de mudas não certificadas. Os principais riscos estão associados à proximidade das propriedades com rodovias, rios e áreas urbanas, além da baixa adoção de medidas de biossegurança presente em apenas 5% das propriedades. Municípios como Miracatu, Pedro de Toledo e Itariri foram classificados como áreas prioritárias para medidas preventivas. A análise espacial revelou áreas de maior risco associadas à proximidade de estradas, cursos d'água e aglomerações de propriedades. A partir desses dados, foram propostas estratégias de mitigação, incluindo a adoção de medidas de biossegurança, conscientização dos produtores e treinamento de mão de obra para prevenir a introdução e disseminação do patógeno. O estudo fornece subsídios técnicos e científicos para políticas públicas e ações preventivas voltadas à proteção da bananicultura na região.

Palavras-chave: biossegurança; Foc R4T; risco fitossanitário

## ABSTRACT

LIMA, Ana Paula de Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2025. **RISK OF INTRODUCTION AND DISPERSION OF WILT BY BANANA FUSARIUM, *Fusarium oxysporum* F. sp. cubense RACE 4 TROPICAL, IN THE RIBEIRA VALLEY, SÃO PAULO, BRAZIL.** Adviser: Emerson Medeiros Del Ponte.

Fusarium wilt, caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense race 4 tropical (Foc TR4), is a global threat to banana cultivation due to the lack of resistant varieties and the significant losses it can cause. The presence of the disease in neighboring countries such as Venezuela, Peru and Colombia increases the risk of its entry into Brazil, with potentially serious social and economic impacts for small and medium-sized producers. This study aimed to characterize the risks associated with the introduction and spread of Foc TR4 on farms located in the Vale do Ribeira region of São Paulo, using surveys applied to 387 producers to assess factors related to location, biosecurity and phytosanitary conditions. A normalized risk index was developed to compare farms and identify critical points. The results pointed to deficiencies in biosecurity measures, such as the absence of protocols for disinfecting vehicles and tools, as well as inadequate management practices, such as the use of uncertified seedlings. The main risks are associated with the proximity of the properties to roads, rivers and urban areas, as well as the low adoption of biosecurity measures, present in only 5% of the properties. Municipalities such as Miracatu, Pedro de Toledo and Itariri were classified as priority areas for preventive measures. Spatial analysis revealed higher risk areas associated with proximity to roads, watercourses and clusters of properties. Based on this data, mitigation strategies were proposed, including the adoption of biosecurity measures, raising awareness among producers and training the workforce to prevent the introduction and spread of the pathogen. The study provides technical and scientific support for public policies and preventive actions aimed at protecting banana cultivation in the region.

Keywords: biosecurity; Foc TR4 ; phytosanitary risk

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	9
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
<b>2.1 Importância da bananicultura no Brasil e no Vale do Ribeira</b> .....	11
<b>2.2 Murcha por Fusarium</b> .....	12
<b>2.3 Foc R4T na América Latina</b> .....	17
<b>2.4 Probabilidade de introdução e potenciais consequências para o Brasil</b> .....	18
<b>2.5 Riscos de entrada e dispersão no Vale do Ribeira</b> .....	20
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
<b>3.1 Abordagem geral</b> .....	22
<b>3.2 Análise dos dados</b> .....	26
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
<b>4.1 Descrição das propriedades amostradas</b> .....	28
<b>4.2 Categoria de risco: localização (A)</b> .....	30
<b>4.3 Categoria de risco: Biossegurança (B)</b> .....	36
<b>4.4 Categoria de risco: Condição fitossanitária do local (C)</b> .....	43
<b>4.5 Índice de risco</b> .....	49
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	57
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	59

## 1. INTRODUÇÃO

As bananas estão entre as frutas mais produzidas, comercializadas e consumidas globalmente. São particularmente importantes em países menos desenvolvidos e de baixa renda, com déficit alimentar, onde podem contribuir não apenas para a segurança alimentar familiar como um alimento básico, mas também para a geração de renda como cultura comercial.

A bananeira é cultivada em praticamente todo o território brasileiro. A cultura é uma importante fonte de renda e geração de empregos, com aproximadamente 500 mil empregos diretos (EMBRAPA). Cultivada principalmente por pequenos agricultores, a bananeira contribui significativamente para a segurança alimentar e o desenvolvimento rural. Nesse contexto, qualquer ameaça à produção de bananas no país, como o impacto de doenças e pragas, pode trazer consequências profundas para a economia, a segurança alimentar e a sustentabilidade dos meios de subsistência de muitas famílias.

A murcha por *Fusarium* da bananeira, popularmente conhecida como “Mal do Panamá” é uma doença fúngica causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *ubense* (Foc), e se espalhou globalmente na primeira metade do século XX e causou uma epidemia na América Central. A devastação causada pela raça 1 de *Fusarium* foi mitigada por mudança para as cultivares resistentes, pertencentes ao grupo das bananas Cavendish (PROMUSA). O surgimento de uma outra raça (a Raça 4 Tropical - R4T) gerou preocupação global.

A possibilidade de introdução de Foc R4T, para a qual não existem variedades resistentes ou formas de controle efetivas, leva a uma situação de extrema preocupação no que tange à viabilidade econômica da bananicultura como um todo, com reflexos deletérios principalmente aos pequenos e médios produtores.

A constatação da doença em países fronteiriços com o Brasil, como a Venezuela, aumenta significativamente o risco de sua entrada no território nacional, dada a proximidade geográfica e o intenso trânsito de mercadorias e pessoas na região. Essa ameaça ressalta a necessidade urgente de definição de estratégias de mitigação para proteger a bananicultura brasileira de possíveis perdas econômicas e sociais devastadoras.

A Instrução Normativa MAPA, nº30 de 05/06/2020 estabelece o Plano Nacional de Prevenção e Vigilância para o Foc R4T. O artigo 13 desta IN define que a Superintendência Federal de Agricultura, em parceria com o órgão Estadual de Defesa Sanitária-OEDSV, iniciará imediatamente na área sob quarentena as ações fitossanitárias de contenção, supressão e erradicação, em áreas de produção comercial ou não comercial, conforme orientação do Departamento de Sanidade Vegetal e Insumos Agrícolas (DOU, 2020).

Este estudo tem como área alvo a região do Vale do Ribeira, SP, que envolve a bacia hidrográfica do Rio Ribeira de Iguape e ao Complexo Estuarino Lagunar de Iguape, Cananéia e Paranaguá. A bacia do Rio Ribeira de Iguape situa-se ao sul do estado de São Paulo e nordeste do Paraná. Drena uma área de 24.980 km<sup>2</sup> sendo 38% no estado do Paraná e 62% no estado de São Paulo (SÃO PAULO, CBH-RB, 2016). A área em estudo refere-se ao trecho Paulista da bacia, onde o cultivo de banana é feito em uma área estimada em 33 mil ha com produção total próxima a 1 milhão de toneladas (IEA, 2024).

A realização deste trabalho se justifica pela necessidade de gerar subsídios técnicos e científicos que orientem programas governamentais e políticas públicas voltadas à proteção fitossanitária. Além disso, os resultados obtidos acerca do panorama de risco poderão oferecer suporte estratégico para a tomada de decisões relacionadas à implementação de ações de prevenção, vigilância e contenção de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raça 4 Tropical (Foc R4T) na cultura da bananeira, com foco especial na região do Vale do Ribeira. O uso de questionários como método permite identificar lacunas no conhecimento, avaliar a percepção de risco dos produtores e mapear práticas atuais, fornecendo uma base sólida para a formulação de estratégias eficazes e adaptadas à realidade local.

Com isso, o estudo objetivou caracterizar os riscos de entrada e estabelecimento de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raça 4 Tropical (Foc R4T) em propriedades da região do Vale do Ribeira, SP, utilizando informações obtidas por meio de questionários para fornecer subsídios técnicos e científicos que orientem estratégias de prevenção, vigilância e contenção da praga.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Importância da bananicultura no Brasil e no Vale do Ribeira**

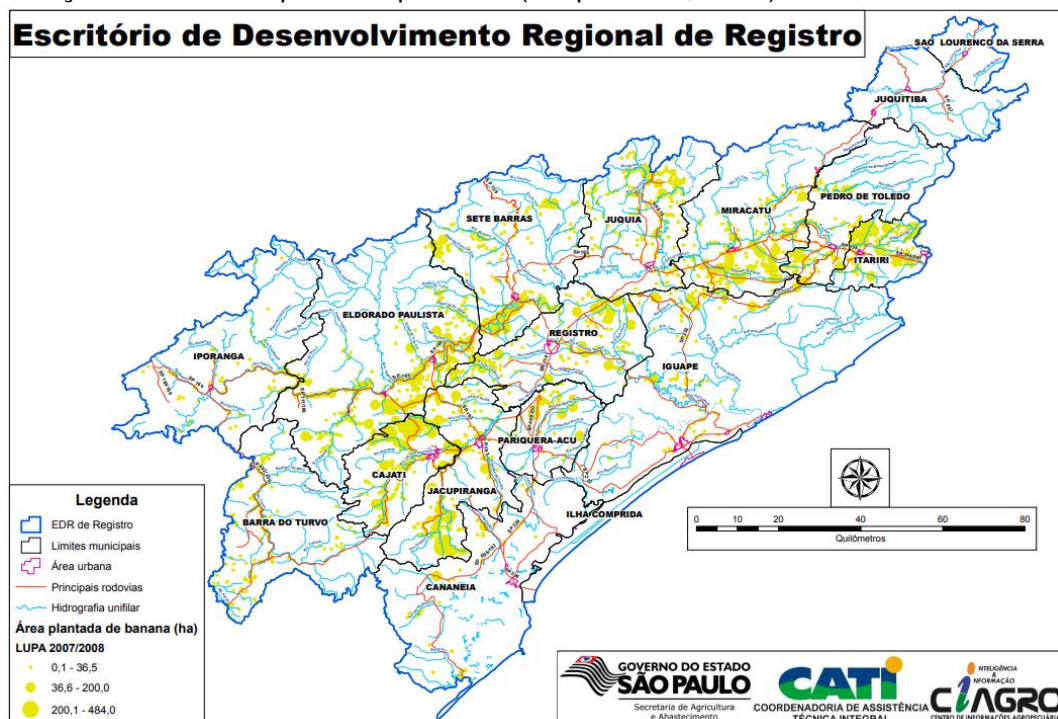
O Brasil é o quarto maior produtor de banana do mundo, sendo superado apenas pela Índia, China e Indonésia (FAOSTAT, 2023). A cultura da banana ocupa o segundo lugar em volume de frutas produzidas no Brasil, situando-se próxima aos 7 milhões de toneladas, sendo a fruta mais consumida. A área cultivada em 2023 foi de 456.522 ha e movimentou cerca de R\$13,8 bilhões (IBGE, 2023). Apesar do grande volume produzido, têm sua produção quase totalmente dirigida ao abastecimento interno. O volume exportado em 2024 foi de 49 mil toneladas, sendo Uruguai e Argentina responsáveis pela compra de 95% deste volume (HFBRASIL/CEPEA, 2025).

O cultivo de banana está amplamente distribuído por todo o território nacional. É cultivada, predominantemente, em pequenas propriedades com uso intensivo de mão de obra familiar em contraste à produção comercial em larga escala, destacando-se São Paulo, Santa Catarina, Minas Gerais, Bahia e Pará. Ocupa muita mão de obra no processo produtivo e, conseqüentemente, renda a esta população rural. Vários produtos e subprodutos oriundos deste cultivo, como por exemplo produção de doces, chips, farinhas e o artesanato da palha da bananeira, geram emprego e renda para a comunidade.

O litoral sul de São Paulo é responsável pela maior parte da produção do Estado, e sua posição de destaque no mercado se deve à proximidade da região produtora com o principal mercado consumidor do Brasil: São Paulo. Segundo dados do IBGE (2023), a produção dos municípios que formam o Vale do Ribeira representou 26% da produção nacional de banana. O valor da produção total em 2023 foi de 1,67 bilhões de reais (IEA, 2024). Por ser uma região com características ambientais bem pronunciadas, apresenta sérias restrições quanto às suas atividades econômicas, o que explica sua incipiente industrialização, desta forma a agricultura é o arrimo econômico regional, destacando-se majoritariamente a bananicultura (Figura 1). Os produtores dessa região geralmente possuem somente a cultura de banana na propriedade. No que concerne à área plantada, considerando as informações estatísticas e censitárias geradas pelo Projeto LUPA - Levantamento de Unidades de Produção Agropecuária da Secretaria da Agricultura

e Abastecimento (SAA/SP) no ano de 2016, que representa seu último levantamento oficial sobre a área plantada, 32.820 hectares estavam distribuídos em pouco mais de três mil Unidades de Produção Agropecuária. Nos últimos anos, houve uma considerável diminuição da área cultivada, já que no levantamento realizado no biênio 95/96, totalizava 42.000 hectares, e em 2008 35.000 hectares.

**Figura 1** - Distribuição geográfica de UPAs (Unidade de Produção Agropecuária), com estratificação do tamanho por área plantada (Roque et al., 2015).



A área total de média a alta tecnologia na região é de 25.000 ha, e os produtores são, de modo geral, de pequeno porte, com área média das propriedades de 10 a 20 ha (HFBRASILCEPEA/2024).

## 2.2 Murcha por Fusarium

A murcha por Fusarium da bananeira é causada por *Fusarium oxysporum f.sp. cubense* (E.F. Sm.) Snyder & Hansen (referido como Foc), apareceu pela primeira vez na década de 1900 em uma plantação de banana em Java (Stover, 1962) e depois se disseminou para outras áreas de produção de banana na Indonésia e além. Este agente teve seu impacto significativo documentado desde sua identificação em 1910, a partir de amostras coletadas em uma plantação de

banana cubana e, posteriormente, ganhou notoriedade como *Fusarium cubense* ( Smith 1910 ) citado por Maryani et al. (2019).

Embora a doença provavelmente tenha se originado no sudeste da Ásia, o primeiro registro da doença no mundo foi feito na Austrália em 1874 por Dr. Joseph Bancroft (Bancroft, 1876) que descreveu sintomas de murcha em bananeiras na região de Queensland (Pegg et al., 2019). O patógeno se espalhou gradualmente pelo mundo e, por volta de 1950, surtos de murcha por *Fusarium* devastaram o cultivo da variedade "Gros Michel" na América. Essa variedade, amplamente cultivada em grandes monocultivos, era uma das principais exportadas e a mais relevante para a indústria bananeira. Posteriormente denominado de Foc R1, as severas epidemias forçaram a troca para cultivares resistentes a R1 do subgrupo Cavendish (AAA), que se converteu no novo produto básico tanto para os mercados nacionais como para os de exportação (Stover, 1962).

No Brasil, Foc R1 foi detectada no município de Piracicaba/SP em 1930, e em um período de três a quatro anos, dizimou cerca de um milhão de plantas de banana maçã (Cordeiro et al., 2005). Dentre as várias doenças que afetam a cultura da banana, a murcha por *Fusarium* é uma das mais destrutivas (Simmonds, 1966). Atualmente pode ser encontrada em quaisquer regiões de cultivo de bananeira, sendo esse patógeno endêmico em todo o território nacional. Em um estudo recente de levantamento, a incidência média de murcha por *Fusarium* no Brasil foi estimada em cerca de 11%, e variou de 0,09 a 41,4% nos campos localizados em diferentes regiões do Brasil (Heck et al., 2021).

Dentro da forma *specialis* (f. sp.) *cubense*, que inclui todos os isolados patogênicos para *Musa* spp, o patógeno apresenta quatro raças fisiológicas (Ploetz et al. 2015; Stover 1990; Stover & Buddenhagen 1986; Stover & Simmonds 1987). O termo raça é utilizado para classificar diferentes tipos de isolados de Foc desde meados dos anos 1900 (Waite, 1954). Tradicionalmente, as seguintes cultivares têm sido utilizadas como parâmetro para a divisão das raças: "Gros Michel" Raça 1; "Bluggoe" Raça 2; e "Cavendish" Raça 4 (Ploetz, 2006; Ploetz, 2015); a raça 3 é patogênica apenas para *Heliconia* spp e não é mais parte da estrutura da raça *cubense*. A raça 4 é dividida em dois grupos: raça tropical (R4T) e subtropical (R4S) para distinguir as cepas que precisam de fatores predisponentes para causar a doença daquelas que não precisam.

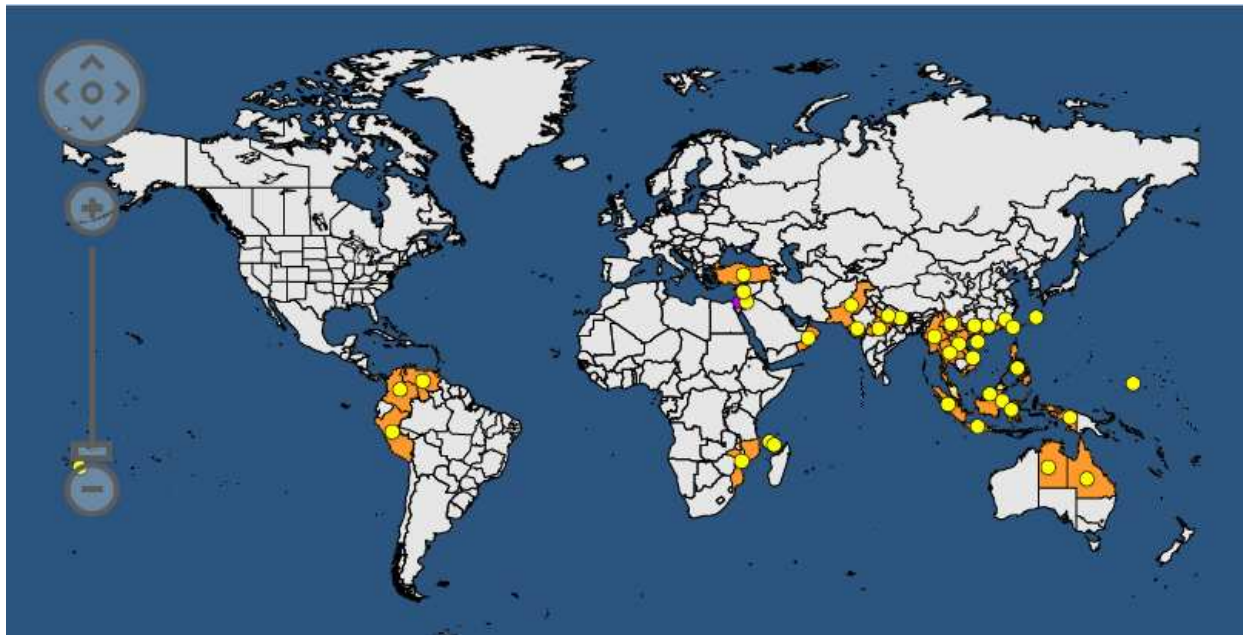
O progresso na compreensão da diversidade do patógeno foi possível com o desenvolvimento de um método para classificar as cepas de *Fusarium oxysporum* em grupos de compatibilidade vegetativa (VCGs) (PROMUSA). Até o momento, as epidemias da murcha por *Fusarium* nos plantios comerciais no Brasil têm sido causadas pelas raças 1 (R1) e 4 subtropical (R4S). Alguns grupos de VCGs encontrados no país (0120 e 0129) indicam a presença de indivíduos da raça 4 subtropical (R4S) (Matos et al., 2009). Desde 1974, na região do Vale do Ribeira, vêm sendo constatados focos de plantas de bananeira, da cv. Nanicão, do grupo Cavendish, com sintomas de murcha semelhante a causada pelo patógeno R4T (Furtado et al, 2009).

As baixas temperaturas são um fator significativo de estresse para as bananeiras em regiões subtropicais. Os surtos de murcha por *Fusarium* nos subtrópicos brasileiros são esporádicos e estão associados a estresse abióticos e práticas de manejo inadequadas (Dita et al., 2020). Os isolados de Foc R4S provocam doenças em Cavendish nas regiões subtropicais, enquanto os isolados de Foc R4T são patogênicos para Cavendish tanto em condições tropicais quanto subtropicais (Buddenhagen, 2009). Considera-se que a cepa Foc R4T é a mais prejudicial devido à sua ampla gama de hospedeiros, também afeta muitas outras cultivares importantes para a segurança alimentar e a geração de rendimentos, cultivadas principalmente por pequenos agricultores.

O Foc R4T foi relatado pela primeira vez em Taiwan em 1989. Sua importância como espécie invasora foi identificada no início da década de 1990, quando foi isolada de plantas na Indonésia e na Malásia (Maryani et al., 2019). Por mais de 20 anos, esteve restrito ao Sudeste Asiático (Malásia, Indonésia, Filipinas, China) e Austrália. Em 2013, foi relatado no Oriente Médio, sendo o primeiro relato oficial fora do Sudeste Asiático. Desde então, tem sido uma grande ameaça para toda a produção de banana. Continuou a espalhar-se e foi relatado posteriormente numa sucessão de novas incursões em áreas de cultivo de banana, não apenas no Sudeste Asiático e no Médio Oriente, mas também no subcontinente indiano, em África e até na Europa (Blomme et al., 2024).

Reportado pela primeira vez na América Latina, na Colômbia (García-Bastidas, 2019). Em abril de 2021, sintomas típicos, como amarelecimento das folhas, murcha e descoloração vascular, foram observados em uma fazenda (cerca

de 1 ha) localizada em Querecotillo, Peru (Acunã et al., 2022). Recentemente, a Organização Venezuelana de Proteção Vegetal (INSAI) declarou Foc R4T como uma praga recentemente introduzida (19 de janeiro de 2023), e os campos de banana infestados foram colocados em quarentena (Hernández, 2023).



**Figura 2.** Distribuição geográfica de Foc R4T (Fonte: EPPO)

O Sudeste Asiático tem sido considerado o centro da diversidade genética da banana e provavelmente também é a origem do Foc coevolutivo (Buddenhagen, 2007). A espécie *Fusarium oxysporum f.sp. cubense* (Foc) pertence ao Filo Ascomycota. Classe Sordariomycetes, Ordem Hypocreales e a Família Nectriaceae, cuja forma perfeita (sexuada) não é conhecida (Maharachchikumbura et al., 2015). Foc produz esporos do tipo clamidósporos que atuam como estrutura de sobrevivência, o que permite ao fungo sobreviver no solo por até 50 anos, mesmo na ausência de hospedeiros. Sua população possui diferentes linhagens evolutivas, são conhecidas pelo menos 24 grupos de compatibilidade vegetativa (VCG) (Ploetz 2015; Dita et al., 2018).

A reprodução de Foc ocorre estritamente de forma assexuada, e pode se propagar usando três tipos de esporos: macroconídios, microconídios e clamidósporos (Pegg et al, 2019). A doença começa com a germinação dos clamidósporos latentes no solo devido aos exsudatos radiculares das plantas

hospedeiras. O patógeno penetra diretamente nas raízes e movimenta-se pelos vasos do xilema, coloniza o rizoma da bananeira e continua em direção ao pseudocaule, causando descoloração interna do sistema vascular, a distribuição do patógeno dentro do pseudocaule pode ocorrer em menos de duas semanas após a atingir o rizoma (Machardy; Beckman, 1981). O processo de infecção ocorre à medida que as raízes da bananeira se ramificam pelo solo e entram em contato com o fungo, esse período pode levar 5 anos ou mais (Rishbeth; Naylor, 1957).

O patógeno bloqueia o sistema vascular da planta afetando a absorção e translocação de água e nutrientes, como resultado as plantas murcham e eventualmente morrem (Dita et al., 2013). O sintoma inicial da doença é o amarelecimento nas margens das folhas mais velhas, começando na base do pecíolo. A descoloração se espalha à medida que a doença progride e começa a aparecer nas folhas mais jovens. As folhas mais velhas das plantas afetadas murcham, morrem e frequentemente aparecem rachaduras na base do pseudocaule em plantas jovens e de crescimento rápido (Stover, 1962). Neste ponto, as folhas ficam penduradas para baixo, formando uma “saia” ao redor da planta. As plantas acabarão morrendo, geralmente antes da floração, o que torna a planta incapaz de produzir cachos. O xilema afetado torna-se marrom-avermelhado. À medida que a planta morre, ela se decompõe, liberando massas de clamidósporos no solo, os quais podem permanecer quiescentes por décadas (Rishbeth & Naylor, 1957).

O aparecimento dos sintomas depende principalmente do nível de inóculo, do nível de resistência ou suscetibilidade do hospedeiro, bem como das condições ambientais. A doença pode ter um longo período de incubação, e a única forma eficaz de detectar uma planta infectada é quando os sintomas externos são expressos (Pegg et al., 2019). Foc é disseminado de várias maneiras, mas os rizomas infectados são mais eficientes, por serem frequentemente assintomáticos, eles efetivamente espalham o patógeno quando usados como mudas (Stover 1962).

Historicamente esta tem sido a principal via de dispersão. Segundo Hwang e Ko (2004), entre 30% e 40% dos filhos obtidos de uma touceira de banana Cavendish afetada pela doença desenvolvem a doença no futuro. Todavia, há possibilidades de que 100% dos filhos estejam infectados, portanto, todos os perfilhos provenientes de uma planta doente são potenciais fontes de inóculo e conseqüentemente vias de dispersão da praga. A dispersão em longas distâncias é

principalmente devido a fatores antropogênicos, enquanto a dispersão em curtas distâncias pode estar associada a fatores antropogênicos e naturais, como escoamento de água, movimento de animais ou solo (Dita et al., 2018).

A propagação do patógeno pode ocorrer de forma ativa, através de uma infecção existente, por meio do crescimento das raízes até o inóculo, ou de forma passiva, em que o inóculo é transportado até as raízes (Pegg et al., 2019). As Chuvas fortes podem causar dispersão a curta distância (respingos com solo contaminado) e também a longa distância devido ao arraste de solo e plantas contaminadas a áreas livres (Dita et al., 2018).

Insetos adultos como *C. sordidus*, presentes nos cultivos de bananeiras, têm potencial de dispersão de esporos de Foc através do exoesqueleto, evidenciando a importância do controle (Meldrum et al., 2013).

### **2.3 Foc R4T na América Latina**

Em agosto de 2019, o Instituto Colombiano Agropecuário - ICA relatou sua primeira detecção de Foc RT4 no departamento de La Guajira. Nas fazendas com presença confirmada de Foc TR4, são mantidas medidas de quarentena ordenadas pelo ICA, como restrição de movimento de pessoas, restrição de movimento e uso de equipamentos agrícolas, veículos e contêineres, e uso de produtos para desinfestação em diferentes pontos de controle na área de quarentena. A área em quarentena corresponde a 2.282 ha no departamento de La Guajira e 854 ha no departamento de Magdalena, Colômbia; o total é de 3.136 ha. Um cálculo do custo de implementação de quarentena e biossegurança para o primeiro ano após a detecção de Foc R4T em fazendas com produção orgânica, no departamento de La Guajira- Colômbia, foi estimado em USD 350 por ha/ano, sendo USD 160 ha/ano o custo de sua manutenção (Gonzalez et al., 2022).

Em abril de 2021, o Serviço de Sanidad Agraria del Perú - SENASA declarou emergência fitossanitária em todo o território nacional devido à presença da praga *Foc* RT4 na região de Piura, setor Chocan, distrito de Querecotillo, província de Sullana (SENASA, 2021). Os campos de produção de banana orgânica no vale do Rio Chira são compostos por pequenos produtores que não são separados, o sistema de irrigação é por inundação, e a precipitação pluviométrica anual não é superior a 150 mm. A área intervencionada inicialmente correspondia a 84,91 ha,

com área em quarentena de 1,44 ha (Gonzalez et al., 2022). Desde abril de 2021 (primeiro caso), houve 598 focos de Foc R4T, correspondentes a 589 ha, pertencentes a 531 produtores no Vale do Chira em Sullana e Paita, Piura. Até agora, a praga está contida no Vale de Chira há 3 anos e 5 meses (abril de 2021 a setembro de 2024) (Carlos Torres, SENASA, comunicação pessoal).

Em janeiro de 2023, a presença de *Foc R4T* na Venezuela foi oficialmente declarada pela primeira vez, de acordo com a declaração de estado de emergência fitossanitária fornecida pelo Instituto Nacional de Salud Agropecuaria Integral - INSAI (comunicação oficial escrita do INSAI, 19 de janeiro de 2023). Os focos foram encontrados nos estados de Aragua, Carabobo e Cojedes, e até o momento nenhuma informação científica adicional foi publicada.

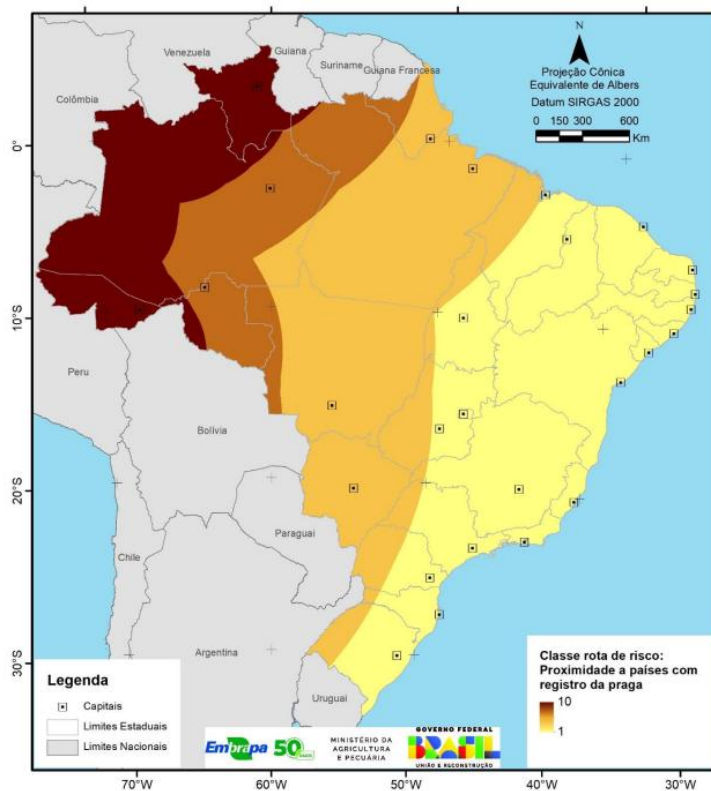
#### **2.4 Probabilidade de introdução e potenciais consequências para o Brasil**

Um estudo recente de Ibarra -Zapata et al., (2021) sobre a modelagem do padrão espacial de Foc R4T na América Pantropical, caracterizou a nível territorial cinco níveis de risco fitossanitário. O Brasil foi classificado com risco fitossanitário alto. Os países em ordem de impacto na América do Sul são Brasil, Colômbia, Venezuela e Peru. Dentre as regiões prioritárias do Brasil destacam-se as regiões noroeste, nordeste e sudeste.

Um mapeamento territorial estratégico de potenciais rotas de risco de ingresso e dispersão de Foc R4T foi elaborado pela EMBRAPA (Mingoti et al., 2023). Foram considerados os atributos bióticos e abióticos, e utilizados banco de dados espaciais sobre barreiras sanitárias, com dados sobre infraestrutura, equipes e operações.

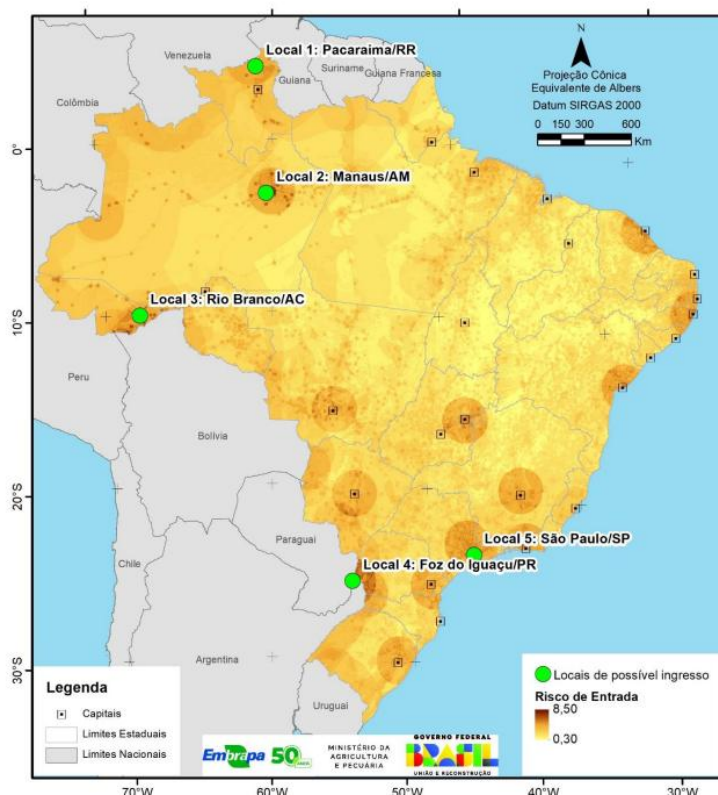
O risco relacionado ao possível ingresso da praga foi estabelecido de acordo com a distância até os países com presença da mesma (Figura 3). A região fronteira de Paracaima/RR representa alto risco fitossanitário (Figura 4). O Brasil é o terceiro país da América Latina que mais recebeu refugiados e migrantes venezuelanos, sendo Roraima a principal porta de entrada (Plataforma Regional de Coordenação Interagencial R4V, 2024).

**Figura 3** - Distribuição de risco relacionado à distância de países da América do Sul com ocorrência de Foc R4T (Mingoti et al., 2023).



A partir do plano de informação de risco de entrada da praga, identificou-se os locais com maiores valores de risco de entrada, os quais foram considerados como os locais de possível ingresso da praga no Brasil (Figura 4). Pacaraima/RR; Manaus/AM; Rio Branco/AC; São Paulo/SP e Foz do Iguaçu/PR.

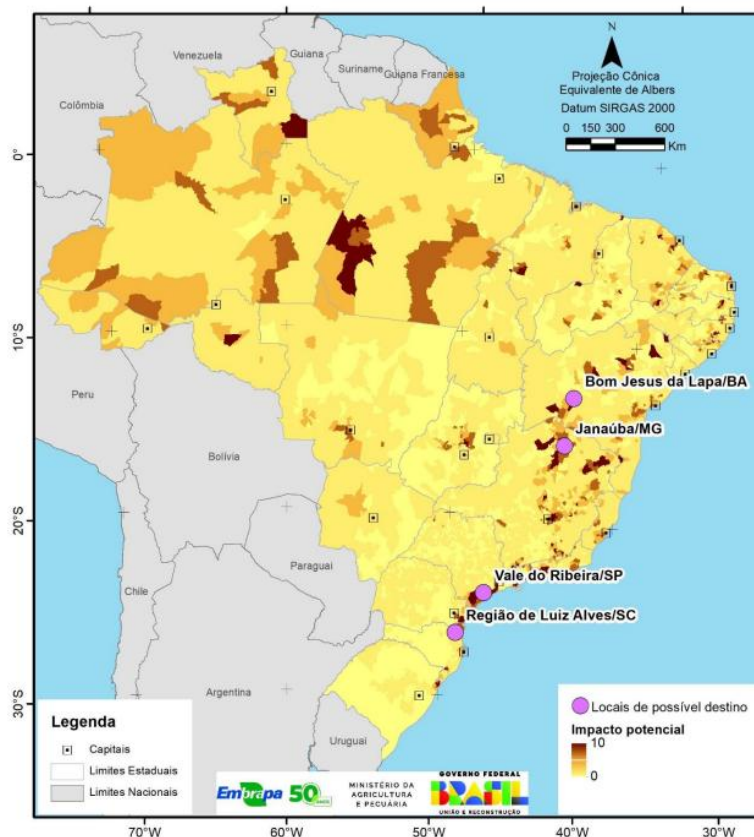
**Figura 4** - Locais de possível ingresso de entrada da praga no Brasil (Mingoti et al., 2023).



## 2.5 Riscos de entrada e dispersão no Vale do Ribeira

A partir do plano de informação de impacto potencial da praga, verificado em função da relevância do valor de produção relacionado ao cultivo de banana em cada município, identificou-se os locais com maiores valores de impacto. Foram escolhidos quatro como sendo os locais de possível destino da praga no Brasil (Figura 5).

**Figura 5 -** Locais de possível destino da praga no Brasil (Mingoti et al., 2023).



As potenciais rotas de risco de ingresso de Foc R4T com destino ao Vale do Ribeira foram estabelecidas em pontos estratégicos do possível deslocamento de mercadorias que possam trazer risco para o ingresso da praga. Os locais propostos estão nas seguintes localizações: Rodovia BR-116, trajeto de Aeroporto de Guarulhos e Porto de Santos para o Vale do Ribeira/SP (Figura 6).

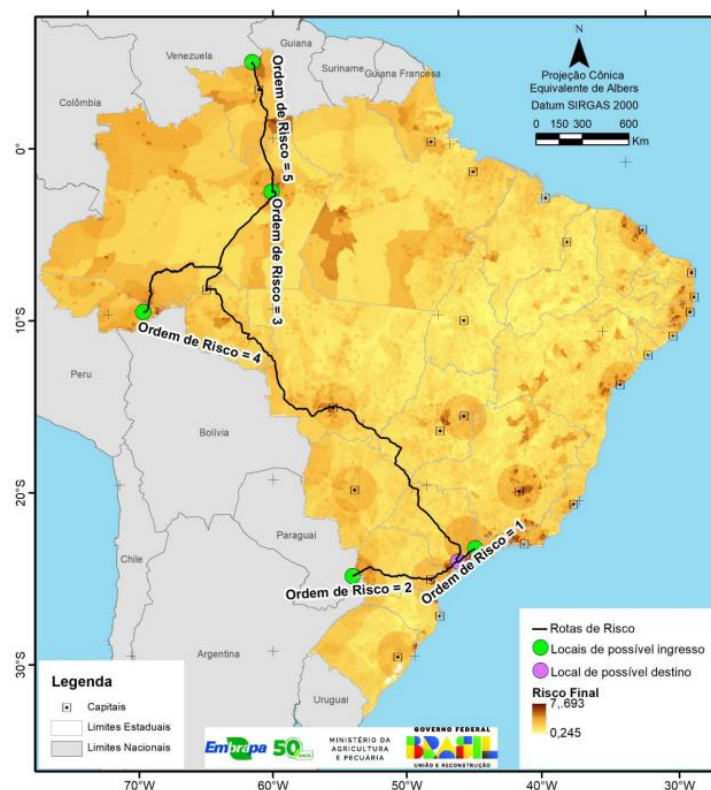
Numerosas áreas de produção estão estabelecidas às margens das rodovias BR 116 (eixo São Paulo ao Sul do país) e da rodovia Pe. Manoel da Nóbrega (Baixada Santista ao Vale do Ribeira). Há comercialização com todo o país destacando-se os estados do Sul com importante rota comercial na fronteira com Uruguai e Argentina, países com potencial risco de introdução da praga. E com regularidade são enviadas cargas de banana para Manaus/AM e Boa Vista/RR (comunicação pessoal, CDA - Coordenadoria de Defesa Agropecuária/SP, 2025).

Destaca-se na região o cultivo de plantas ornamentais, dentre elas, o cultivo de bananeira ornamental e Helicônias (*H. psitacorum*; *Heliconia* spp). São produzidas por pequenos produtores e comercializadas em substrato ou torrão. O substrato é preparado pelo produtor a partir de materiais oriundos de vários locais

do país. Foc R4T também pode dispersar-se em materiais de propagação infectados, visivelmente assintomáticos, de outros hospedeiros, por exemplo, de *Heliconia* spp, *Aglaonema pictum* e *Hedychium coronarium* (Blomme et al., 2024).

*Musa* spp. ornamental e *Heliconia* spp. comumente usadas como fibras e culturas ornamentais, são vulneráveis a *Fusarium* spp. causadores de murcha por *Fusarium*; e *Heliconia latispatha*, *Musa balbisiana* e *Musa coccinea* apresentaram sintomas externos após a inoculação com Foc R4T (Martínez-de la Parte et al., 2025).

**Figura 6** - Potenciais rotas de risco de ingresso de Foc R4T com destino ao Vale do Ribeira (Mingoti et al., 2023).



### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Abordagem geral

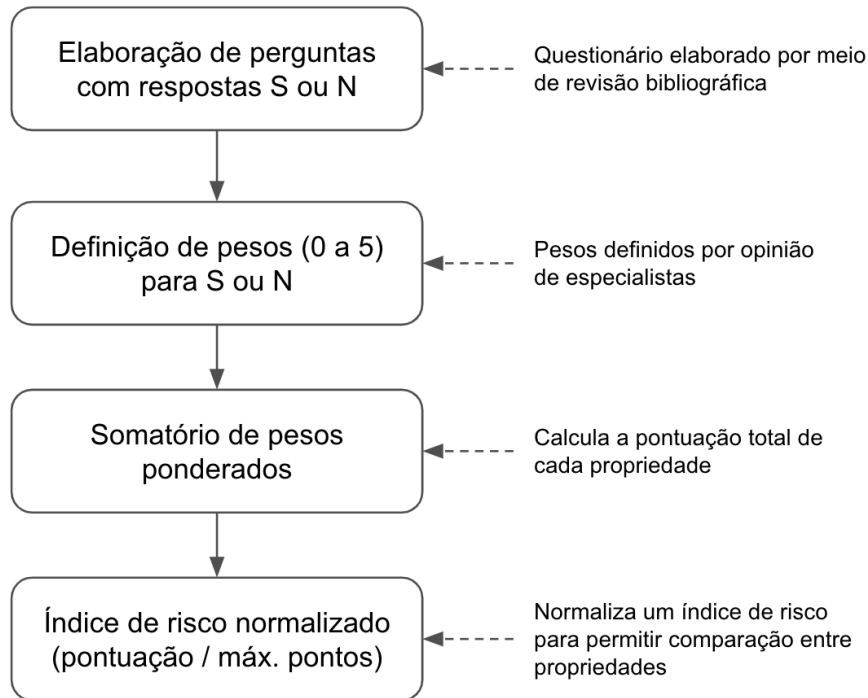
A pesquisa foi baseada na elaboração e aplicação de um questionário para uma amostra de aproximadamente 10% dos produtores da região do Vale do Ribeira, em São Paulo. O questionário foi elaborado com base num modelo previamente existente, sugerido pelo pesquisador Miguel A. Dita (comunicação pessoal), para estudo de risco da murcha por *Fusarium* Raça 4 Tropical (Foc R4T)

no Equador. As modificações foram baseadas na revisão da literatura nacional e internacional sobre os fatores de riscos relacionados à introdução da praga, adoção de medidas de biossegurança e às condições fitossanitárias das propriedades, bem como das particularidades da região geográfica.

Para tal, as bases de dados científicos foram consultadas, bem como documentos publicados por diversas Organizações Nacionais de Proteção Fitossanitária (ONPFs) e Organizações Regionais de Proteção Fitossanitária (ORPFs). O questionário elaborado teve por objetivo identificar e avaliar os riscos da entrada e da propagação do Foc R4T, na região do Vale do Ribeira, SP, nas propriedades rurais que cultivam a cultura da banana. A partir das respostas dos questionários, um índice de risco normalizado (de 0 a 1) foi aplicado para fins de análise comparativa entre as propriedades. A metodologia foi desenvolvida em três etapas principais: atribuição de pesos, cálculo da pontuação total e normalização do índice de risco (Figura 7).

As perguntas foram agrupadas em três categorias: 1) Localização, acesso e características gerais do local de produção; 2) Procedimentos de infraestrutura e biossegurança; 3) Condição fitossanitária do local de produção (Tabela 1). O questionário submetido à apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, tendo sido aprovado em 10/09/2024 (CONSU-UFV, 2019), depois impresso e aplicado diretamente ao produtor ou responsável técnico pela propriedade. A aplicação do questionário ocorreu entre os meses de setembro e dezembro de 2024, sendo a sua versão em papel distribuída a agentes de extensão, engenheiros agrônomos, responsáveis técnicos por propriedades, cooperativas, associações de produtores e também diretamente ao entrevistado. Foram distribuídos aproximadamente 1400 questionários. Desses, foram retornados 387 questionários preenchidos.

**Figura 7** - Etapas da pesquisa para identificação dos fatores de risco relacionados à introdução e contenção de murcha por *Fusarium Raça 4 Tropical* no Vale do Ribeira, SP, Brasil, 2024.



A cada questão do questionário foi atribuído um peso diferenciado ( $p_{sim}$  para respostas “sim” e  $p_{não}$  para respostas “não”). Esses pesos foram definidos com base no impacto teórico de cada resposta no aumento ou diminuição do risco, variando de 0 a 5, conforme detalhado na Tabela 1. A atribuição dos pesos e o sistema de pontuação foram determinados por um painel de três especialistas, sendo eles: Ana Paula de Souza Lima, Emerson Del Ponte e Miguel Dita.

A pontuação total ( $S_i$ ) para cada propriedade foi calculada pela soma ponderada das respostas às questões, conforme descrito na equação abaixo:

$$S_i = \sum_{j=1}^n \left( x_{ij} \cdot p_{sim_j} + (1 - x_{ij}) \cdot p_{não_j} \right),$$

onde:  $S_i$  é a pontuação total da propriedade  $i$ ;  $x_{ij}$  é a resposta da questão  $j$  para a propriedade  $i$  ( $x_{ij} = 1$  para “sim” e  $x_{ij} = 0$  para “não”);  $p_{sim_j}$  é o peso atribuído à resposta “sim” na questão  $j$  (ver Tabela 1);  $p_{não_j}$  é o peso atribuído à resposta “não” na questão  $j$  (ver Tabela 1) e  $n$  é o número total de questões.

O índice de risco ( $R$ ) foi normalizado para garantir comparabilidade entre propriedades, utilizando a pontuação máxima calculada ( $S_{max}$ ) como referência. A normalização foi realizada conforme a equação abaixo:

$$R_i = \frac{S_i}{S_{max}},$$

onde:  $R_i$  é o índice de risco normalizado para a propriedade  $i$ ;

$S_{max} = \sum_{j=1}^n \max(p_{sim_j}, p_{nao_j})$ , representando a soma dos maiores pesos possíveis de cada questão.

**Tabela 1.** Pontuação para resposta “Sim” ou “Não” de cada questão com base na categoria de risco da introdução e contenção do Foc R4T na região produtora de banana do Vale do Ribeira, SP, 2024.

Questão	Categoria/Descrição	Pontuação	
		Sim	Não
<b>Localização</b>			
A.1	A propriedade está próxima (0 -10 km) de estradas (municipais, estaduais ou federais)?	5	0
A.2	A propriedade está perto (0-10 km) de áreas urbanas?	5	0
A.3	A propriedade está próxima a outros locais de produção de bananas?	5	0
A.4	A propriedade está próxima ou é atravessada por cursos de água?	5	0
A.5	Existem estradas dentro do local de produção com acesso livre a pessoas não vinculadas à propriedade?	5	0
A.6	A propriedade está localizada em uma área sujeita à inundações?	5	0
<b>Biossegurança</b>			
B.1	A propriedade conta com medidas de biossegurança para desinfestação de veículos, calçados, ferramentas e máquinas?	0	2
B.2	Recebe visitantes internacionais?	3	0
B.3	Os locais de produção são cercados?	0	2
B.4	Contrata equipes externas para atividades de pré e pós-	5	2

	colheita?		
B.5	Utiliza mudas de propagação in vitro para plantio/renovação?	0	5
B.6	Costuma tirar mudas para a realização de novos plantios/renovação de bananal?	5	0
B.8	São fornecidas ferramentas aos trabalhadores para realizar atividades na propriedade?	0	1
B.9	São fornecidos macacões ou roupas para visitantes de áreas de alto risco?	0	1
B.10	O pessoal da fazenda recebe treinamento sobre pragas e medidas de biossegurança?	0	2

<b>Condição fitossanitária</b>			
C.1	Conhece o sintoma da Fusariose da Bananeira ou Mal do Panamá?	0	4
C.2	Se afirmativo, já viu esses sintomas na banana Nanica ou Terra?	0	4
C.3	Se afirmativo, já viu esses sintomas na banana Prata ou Maçã?	0	4
C.4	Há presença de plantas suspeitas com Fusarium (Mal do Panamá raças 1 e 2) na propriedade?	4	0
C.5	Houve epidemias de Fusarium em sua propriedade?	5	0
C.6	Há presença de plantas suspeitas com Erwinia na propriedade?	3	0
C.7	Há presença de plantas suspeitas com Moko na propriedade?	3	0
C.8	Há presença de broca (Moleque da Bananeira) na propriedade?	1	0
C.9	Se afirmativo, realiza controle do Moleque da Bananeira?	0	1

### 3. 2 Análise dos dados

As respostas obtidas a partir dos questionários foram organizadas em uma planilha eletrônica (Microsoft Excel), sendo os dados importados e analisados no ambiente estatístico R (R Core Team, 2024), gerando estatísticas descritivas (somatório, média ou frequência) que foram apresentados em tabelas ou gráficos.

Uma análise espacial foi conduzida para identificar padrões espaciais no índice de risco calculado, por meio da análise de autocorrelação espacial global e local. As análises foram conduzidas utilizando-se Moran's I para autocorrelação global e o índice local de Getis-Ord  $G_i^*$  para identificação de "hotspots" e "coldspots".

Os dados corresponderam às informações sobre a latitude e longitude para cada unidade amostral (propriedades agrícolas), além do índice de risco calculado, a partir das respostas dos questionários. Para análise espacial, os dados foram convertidos em objeto espacial (sf), permitindo a manipulação de coordenadas e cálculos espaciais. A projeção adotada foi o sistema de coordenadas geográficas WGS84 (EPSG:4326).

Uma matriz de vizinhança foi construída para definir a conectividade entre as unidades amostrais, utilizando-se o método dos k-vizinhos mais próximos ( $k=3$ ), no qual cada unidade foi conectada aos três pontos mais próximos, com base em suas coordenadas geográficas. A partir dessa matriz de vizinhança, criou-se uma matriz de pesos espaciais padronizada ( $W$ ), necessária para os cálculos de autocorrelação.

O índice de Moran ( $I$ ) foi calculado para avaliar a autocorrelação espacial global no índice de risco. Este método mede a dependência espacial em todo o conjunto de dados, indicando se valores similares estão espacialmente agrupados. O valor de  $I$  varia entre -1 (dispersão perfeita) e 1 (clusterização perfeita), sendo 0 indicativo de ausência de padrão espacial. A significância estatística foi avaliada por meio de permutações aleatórias.

A análise local de Getis-Ord  $G_i^*$  foi empregada para identificar hotspots (concentração de altos valores) e coldspots (concentração de baixos valores) no índice de risco. O cálculo considera o valor do índice de risco de cada unidade amostral em relação aos seus vizinhos, conforme definido pela matriz de pesos espaciais. Valores positivos significativos de  $G_i^*$  indicam hotspots, enquanto valores negativos significativos indicam coldspots.

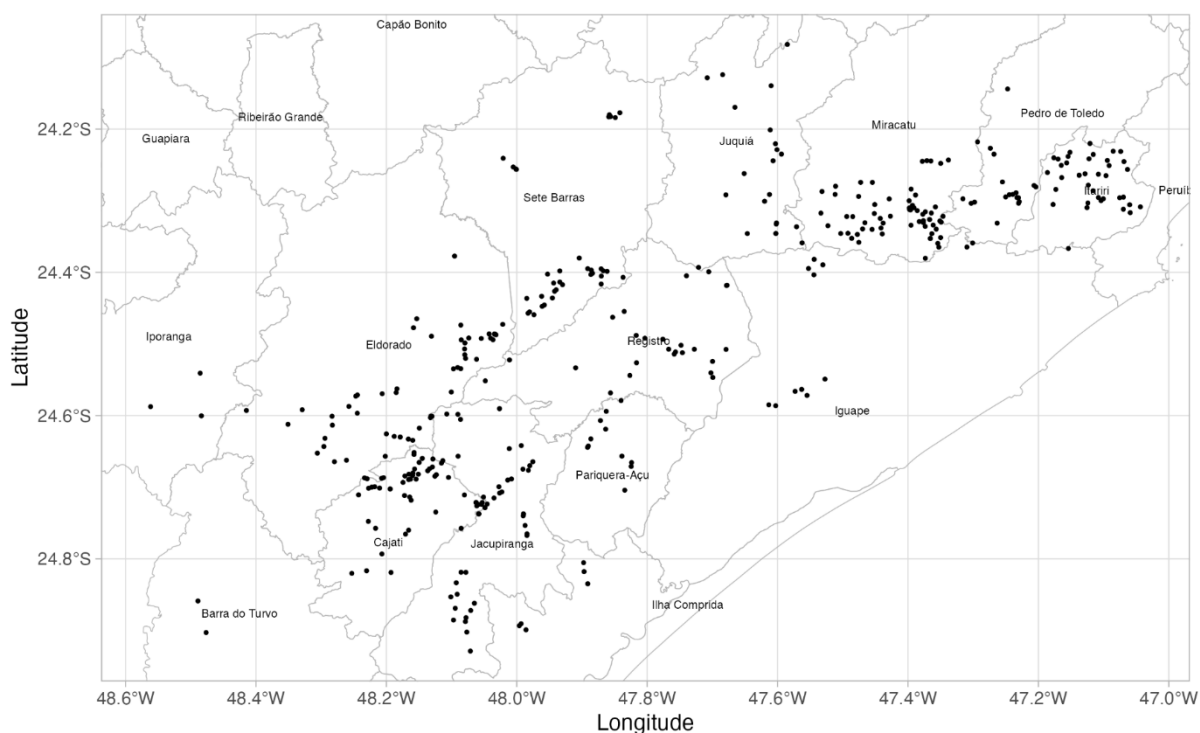
Os resultados foram apresentados por meio de mapas temáticos. Assim, para a análise global, representou-se a autocorrelação espacial global utilizando estatísticas descritivas e valores de índice de Moran ( $I$ ). Para os hotspots locais, mapas de calor foram gerados, destacando áreas críticas (hotspots) em tons claros e áreas de baixa concentração de risco (coldspots) em tons escuros.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Descrição das propriedades amostradas

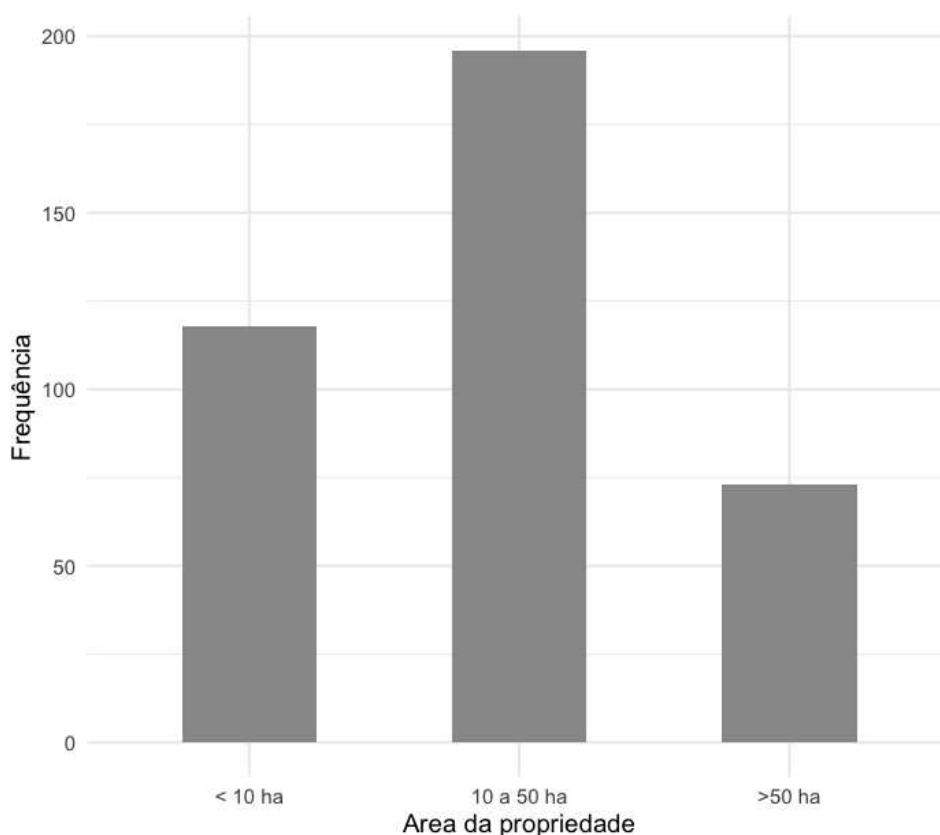
Os questionários geraram respostas a partir de 387 propriedades, pertencentes a 14 municípios da região do Vale do Ribeira, SP (Figura 8), a saber: Barra do Turvo, Cajati, Cananéia, Eldorado, Iguape, Iporanga, Itariri, Jacupiranga, Juquiá, Miracatu Pariquera-Açu, Pedro de Toledo, Registro e Sete Barras-), onde foram selecionadas entre 2 a 74 propriedades. As propriedades estavam distribuídas em uma área total de 12.756 hectares, sendo que nos municípios de Cajati, Eldorado, Jacupiranga, Miracatu e Registro a área total foi representada por 9.942,4 hectares. As altitudes das propriedades variaram de 10 metros (áreas de várzea) a 500 metros (áreas de morro).

**Figura 8** - Localização de 387 propriedades (ponto no mapa) localizadas na Região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, que responderam ao questionário para avaliação de riscos da Murcha por *Fusarium Raça 4 Tropical*. Brasil. 2024.

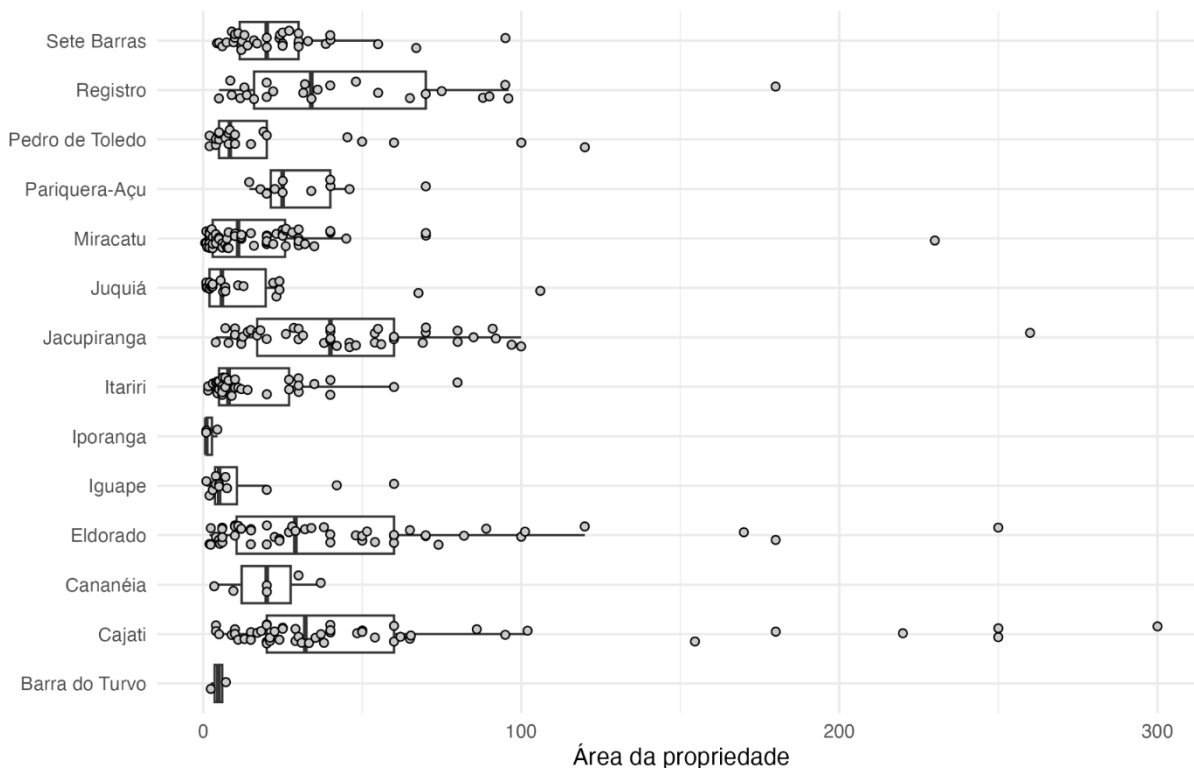


A área das propriedades variou de 0,63 a 300 hectares com mediana de 20 hectares e média de 32,96 hectares. Segundo o Sistema de informação do projeto Hortifruti/Banana, a categorização entre pequeno, médio e grande produtor é baseada no consenso que os agentes do Mercado apresentam sobre a escala de produção. Pequenos bananicultores são aqueles que possuem até 10 hectares; os médios são aqueles entre 10 e 50 hectares e, por fim, os grandes são aqueles com propriedades acima de 50 hectares (HFBRASIL/CEPEA, 2024). Notou-se, portanto, o predomínio de pequenos e médios produtores de banana, representando 81% do total de estabelecimentos comerciais entrevistados (Figuras 9 e 10).

**Figura 9** - Frequência das propriedades por área cultivada com banana, que responderam ao questionário de avaliação de riscos da introdução do Foc R4T, na região do Vale do Ribeira, São Paulo, Brasil. 2024.



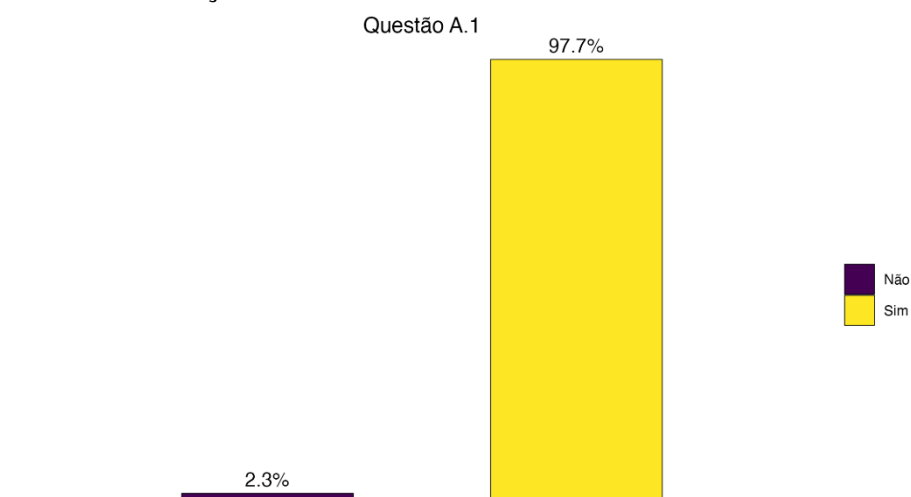
**Figura 10** - Frequência das propriedades por município e área cultivada com banana, que responderam ao questionário de avaliação de riscos da introdução e dispersão do Foc R4T, na região do Vale do Ribeira, São Paulo, 2024.



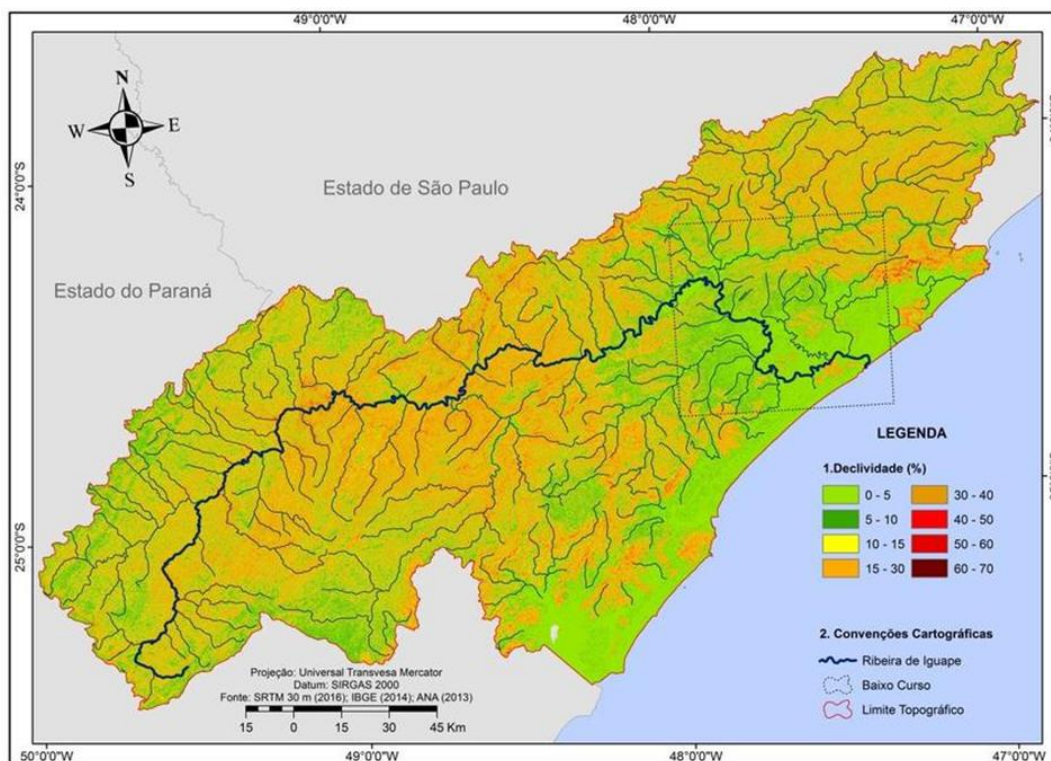
#### 4.2 Categoria de risco: localização (A)

Quase a totalidade das propriedades entrevistadas estão localizadas próximas a estradas públicas (Figura 11). Outras vias de acesso às propriedades não consideradas estradas públicas por lei são utilizadas por terceiros, as conhecidas servidões de passagem. A cultura da banana foi largamente implantada ao longo das rodovias e às margens dos rios Ribeira de Iguape e de outros rios, devido à reconhecida fertilidade dos solos e da topografia favorável à mecanização e manejo cultural (Figura 12). Contando com 1.473,88 km de comprimento, suas principais rodovias, em sua maioria, acompanham o traçado dos leitos dos rios, favorecendo assim a ocupação dos vales dos principais rios devido à facilidade advinda dos meios de transporte terrestre (Roque et al., 2015).

**Figura 11** - Frequência de respostas à questão A.1: “**A propriedade está próxima (0 -10 km) de estradas (municipais, estaduais ou federais)?**” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



**Figura 12** - Mapas de altitudes e declividades na bacia do rio Ribeira de Iguape (Souza et al., 2017).

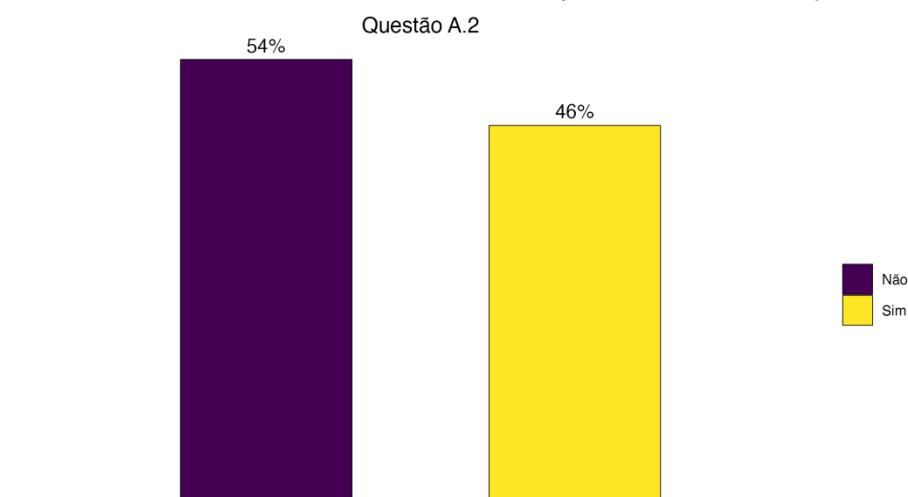


Observa-se que as propriedades apresentaram percentuais similares (~50%) em relação à proximidade das áreas urbanas (figura 13). Em vários municípios a proximidade espacial com os bananais afeta a intensidade das atividades agrícolas,

ocasionando desafios adicionais ao produtor na realização dos tratamentos fitossanitários rotineiros.

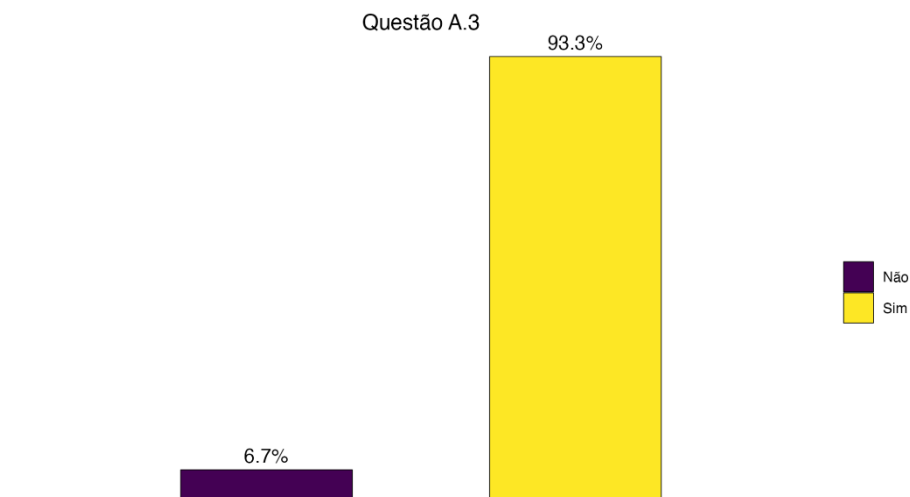
É fundamental que a comunidade geral seja informada sobre os riscos que podem afetar a bananicultura regional, e quais comportamentos devem ser evitados, como o trânsito de mudas de bananeiras ornamentais e Helicônias. A concentração da população triplica no período de férias e feriados, principalmente nos municípios litorâneos que somam à sua população. Além disso, o turismo rural intenso, com visitantes adentrando nas áreas de cultivo para desfrutar de cachoeiras, é uma preocupação a ser considerada.

**Figura 13** - Frequência de respostas à questão: “A propriedade está perto (0-10 km) de áreas urbanas?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



A maioria das propriedades são parte de conglomerados de produção de banana (Figura 14).

**Figura 14** - Frequência de respostas à questão: “A propriedade está próxima a outros locais de produção de bananas?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



Muitas propriedades, mesmo as mais afastadas de rios de grande porte, têm em seu interior pequenos riachos como é característico de áreas de Vales, ou seja, um rio principal irrigado por abundantes cursos d'água contribuintes (Figura 15). A distância até o rio também é uma variável muito importante na incidência de doenças. Seu papel na disseminação de doenças pode resultar em maiores concentrações do fungo nos solos mais próximos do rio do que mais distantes (Stover, 1962).

A área plantada de banana nas margens do rio Ribeira está relacionada a uma característica intrínseca da topografia da região, em que as áreas agricultáveis disponíveis se encontram nas áreas das várzeas dos rios, pois conforme há um afastamento destes, as declividades apresentadas pelo terreno tornam-se restritivas ao cultivo (Roque et al., 2015).

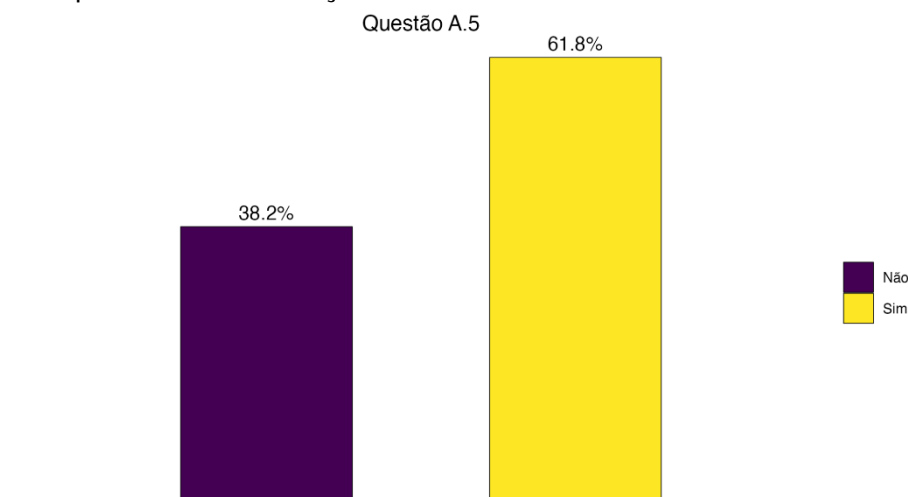
Em alguns municípios como Miracatu, Itariri e Pedro de Toledo parte das áreas de produção estão localizadas em áreas de morro, com altitudes e declividades elevadas (Figura 16). A altitude e inclinação podem influenciar a incidência da doença por meio de uma combinação de diferentes variáveis. Encostas íngremes têm mais erosão, portanto, mais perdas de nutrientes, do que encostas suaves, onde os sedimentos geralmente se acumulam. A erosão também contribui para a distribuição da murcha por *Fusarium* devido ao transporte de solo (Bosman, 2016).



A bananicultura no Vale do Ribeira, por se tratar de cultura dominante, com características de monocultura, além das questões dos veios aquáticos, é servida por estradas, tanto externas quanto internas, assim como carreadores, utilizados sem quaisquer restrições ou mínimo controle, (Figura 17). Isso se justifica, pois 28% da população vive na área rural, e escolas e postos de saúde estão inseridos dentro das áreas de produção para atendê-los (SEADE/SP, 2020).

Tal negligência até aqui se “justificava” pela não ocorrência, ou melhor pela não percepção de riscos inerentes como o Foc R4T. Aspectos socioeconômicos culturais, que impõe a necessidade de mudança de comportamento no trato cultural, ante uma nova realidade ou mesmo ao vislumbre de uma nova realidade, moldada na prevenção, são complicadores a serem vencidos para manter a bananicultura econômica e socialmente viável, uma vez demandante necessária de mão de obra.

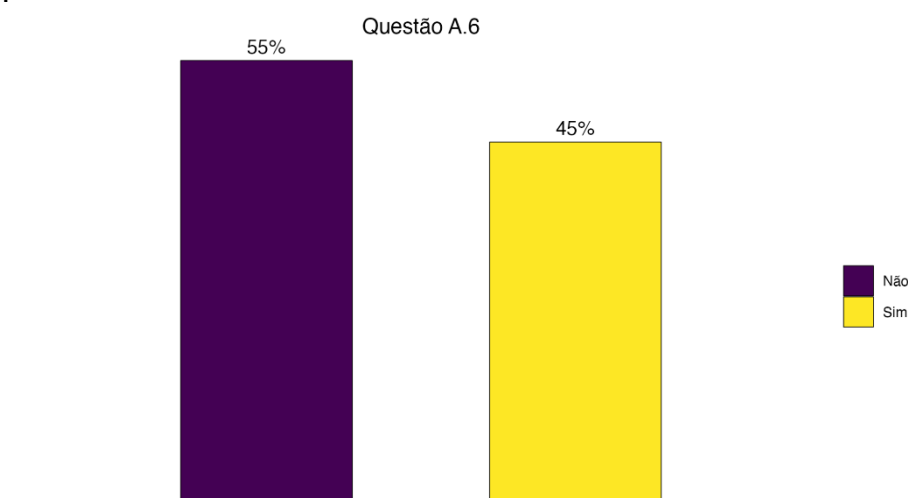
**Figura 17** - Frequência de respostas à questão: “Existem estradas dentro do local de produção com acesso livre a pessoas não vinculadas à propriedade?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



Esses são aspectos que, considerando os objetivos dos estudos aqui tratados, tornam-se relevantes, pois apesar dos índices pluviométricos globais satisfatórios, tem-se observado nos últimos anos alterações climáticas significativas e preocupantes, caracterizadas pelo excesso de chuvas em intervalos curtos seguidos por longos períodos de estiagem. Ocorre que tal situação, caracterizada pela distribuição desuniforme de chuvas, além de fisiologicamente estressante,

ocasiona rápidas inundações pontuais que, embora sem dano inicial, tem imenso potencial disseminador em áreas contaminadas. O Foc R4T pode ser disseminado pela mobilização do solo contaminado, através de águas, seja de irrigação ou escoamento superficial após chuvas, bem como no curso de rios cujos canais ocorrem entre áreas com presença da praga e áreas livres. No contexto da prevenção e da possível convivência com pragas com as características do Foc R4T, tal situação apresenta-se extremamente preocupante por se tratar de ambiente sujeito a inundações periódicas (Figura 18). Enchentes regulares de rios e córregos alteram os componentes bióticos e abióticos do solo.

**Figura 18** - Frequência de respostas à questão: “A propriedade está localizada em uma área sujeita à inundações?” por 397 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.

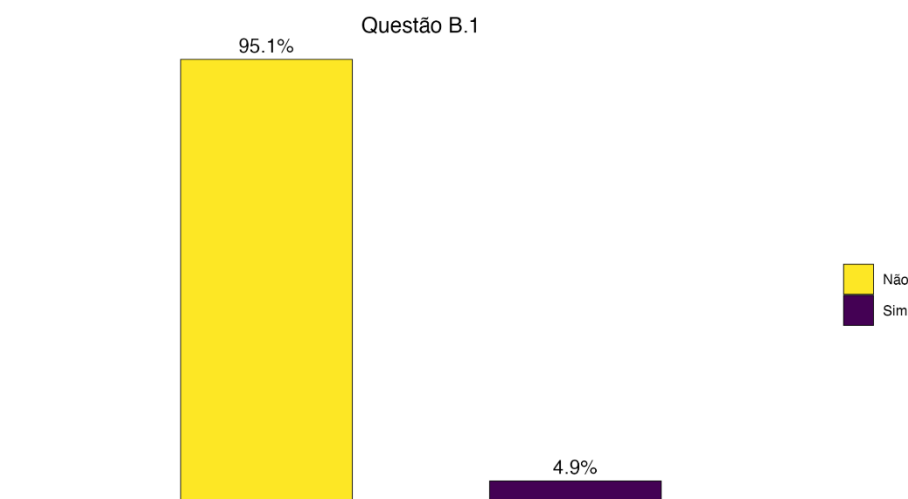


### 4.3 Categoria de risco: Biossegurança (B)

No que diz respeito à categoria biossegurança, 95.1% das propriedades não adotam esses procedimentos (Figura 19). A biossegurança abrange todas as medidas para proteger a sociedade e seus membros dos efeitos negativos da disseminação de pragas e doenças (Waage & Mumford, 2008). A FAO (2003) adotou a biossegurança como um termo holístico que abrange políticas e regulamentações para proteger a agricultura, os alimentos e o meio ambiente do risco biológico.

É primordial que o conceito de biossegurança seja transmitido ao produtor. São práticas simples, projetadas para proteger o seu cultivo, e que este representa o mais importante nível para execução das operações de manejo e vigilância. Com exceção dos fatores externos que não podem ser previstos ou controlados, as práticas de proteção dependem do tomador de decisões da propriedade.

**Figura 19** - Frequência de respostas à questão: “A propriedade conta com medidas de biossegurança para desinfestação de veículos, calçados, ferramentas e máquinas?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, Brasil. 2024 A cor mais clara representa uma situação de maior risco.

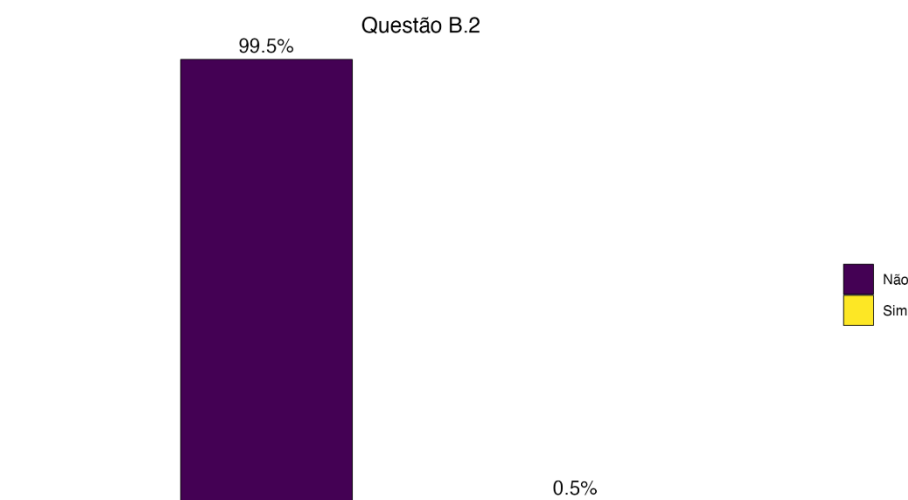


Quase a totalidade dos entrevistados informou que não recebe visitas internacionais (Figura 20). Porém, um elemento importante na cadeia logística da bananicultura, entre produtores e consumidores finais, são os intermediários da comercialização. Executam papéis distintos, pois fazem a ligação entre o produtor e o comprador e são responsáveis pela embalagem e transporte das frutas. Há ainda empresas atacadistas de médio e grande porte que compram, climatizam e revendem a produção diretamente a varejistas ou usuários finais (Chiodi et al., 2017). Este cenário mostra a vulnerabilidade da cultura a pragas e doenças, devido ao fluxo de pessoas e veículos nas propriedades relacionadas às operações diárias.

São importantes para a distribuição, em especial para os pequenos, pois possibilitam o acesso aos mercados. Porém, para recolher a produção diretamente na propriedade, os veículos de transporte acessam as áreas de produção sem adoção de “medidas de limpeza e biossegurança”.

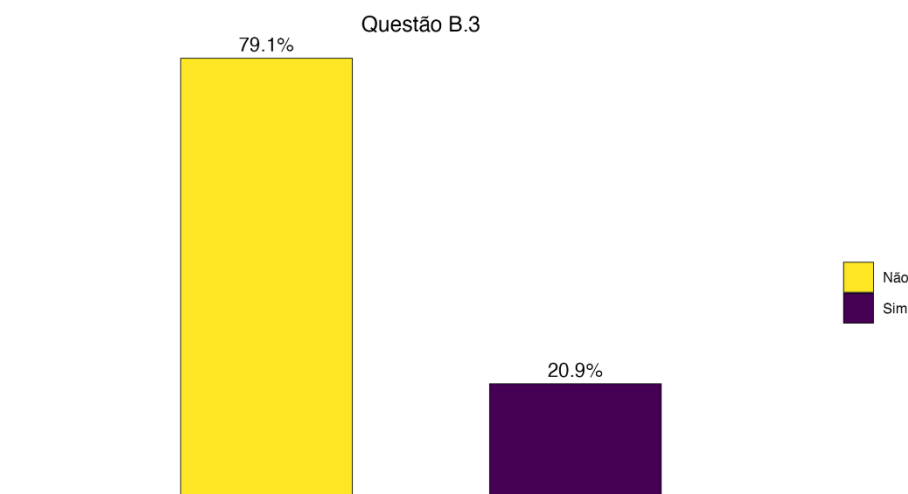
Agrava-se a situação, para as propriedades que possuem apenas as casas de embalagens móveis, pois o processamento dos frutos é feito diretamente nos talhões, e neste caso o veículo de transporte precisa percorrer diversos talhões. O ideal seria limitar a movimentação de pessoal, e utilizar a mesma estrada tanto quanto possível para a circulação de máquinas, pessoal e produtos dentro da fazenda.

**Figura 20** - Frequência de respostas à questão: “Recebe visitantes internacionais?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



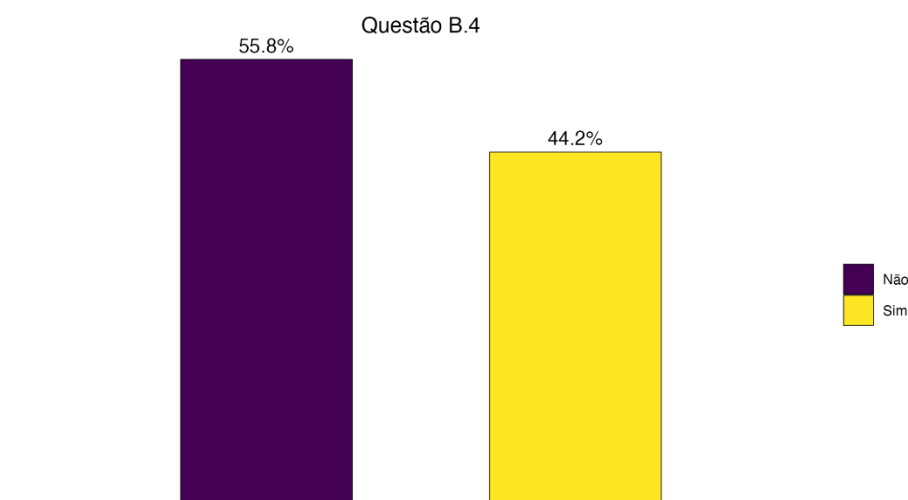
A maior parte dos produtores relatou que as propriedades não são cercadas (Figura 21). Algumas delas estão isoladas por barreiras naturais. As barreiras físicas podem alertar as pessoas para que não entrem em uma área, além disso placas sinalizadoras devem instruir as pessoas sobre os procedimentos de biossegurança.

**Figura 21.** Frequência de respostas à questão: “Os locais de produção são cercados?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



A contratação de equipes externas para atividades de pré e pós-colheita é frequente (Figura 22). A escassez de mão-de-obra, no que diz respeito à quantidade e qualidade, resulta em uma alta rotatividade de funcionários, o que dificulta o treinamento da equipe. A insuficiência de mão de obra, aliada às novas tecnologias disponíveis para o controle de pragas, têm feito com que muitos produtores optem pelo uso de aeronaves remotamente pilotadas para tratar a Sigatoka Negra, a principal doença presente nos bananais da região. Isso significa, mais fluxo de pessoas estranhas transitando na propriedade, equipes de prestadores de serviço com seus equipamentos de apoio ao preparo de calda, e conseqüentemente maior desafio ao produtor para controle desta situação.

**Figura 22** - Frequência de respostas à questão: “Contrata atividades externas para atividades de pré e pós colheita?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.

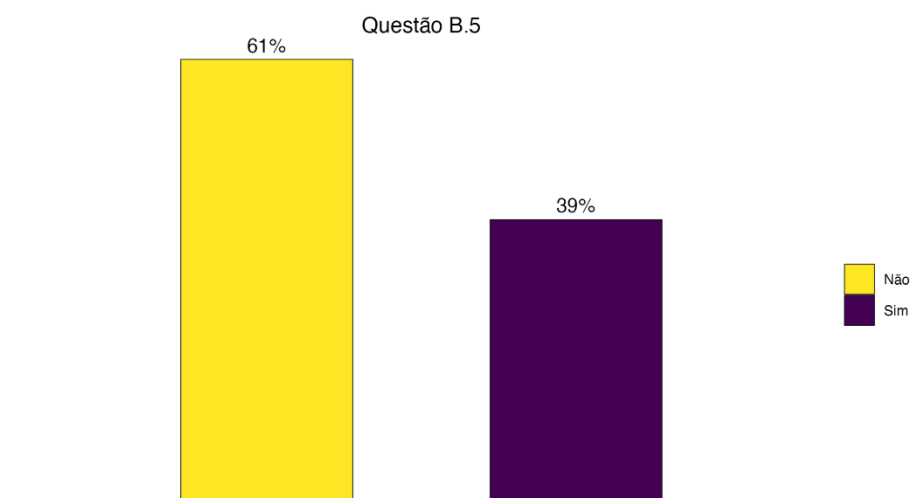


Um número importante de agricultores informou que adquire mudas micropropagadas (Figura 23). A área de cultivo no Brasil é aproximadamente 500 mil ha, para renovar todas as áreas de plantio do país seria necessário mais de um bilhão de mudas (Santos-Serejo et al, 2016). A disposição dos agricultores em comprar materiais de plantio sadios depende em parte da limitação do acesso a estes materiais, por conta da ausência de laboratórios que atendam a demanda; do custo da muda comparada à disponibilidade de material de plantio amplamente

disponível em sua propriedade; do conhecimento da importância desta prática; das intempéries que os obrigam a restabelecer rapidamente as plantações de banana.

O uso de mudas micropropagadas iniciou-se no Brasil a partir de 1980, possibilitando implantar rapidamente novos bananais nas regiões tradicionalmente produtoras e em novas regiões de cultivo, com mudas fáceis de transportar e com qualidade genética e sanitária certificadas (Lichtemberg, 2011).

**Figura 23** - Frequência de respostas à questão: “Utiliza mudas de propagação in vitro para plantio/renovação?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



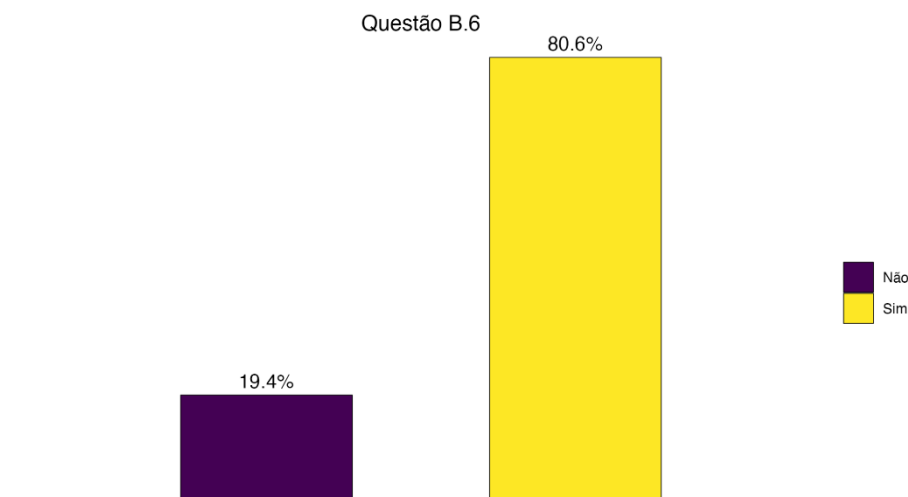
A praga também pode ser dispersa artificialmente por longas distâncias, especialmente por mudas infectadas. Este tem sido o principal fator de propagação da doença (Stover, 1962).

A formação de novas áreas ou replantio com mudas de rizomas, foi relatada por 80% dos produtores (Figura 24). A propagação pelo método convencional consiste em utilizar como material de plantio mudas provenientes de brotações laterais das plantas matrizes, as quais são definidas pelo produtor de acordo com a inspeção visual. Este tipo de propagação, anteriormente aos programas de micropropagação, foi fomentada aos pequenos produtores pela pesquisa, sugerindo critérios para selecionar os tipos de mudas mais adequadas ao plantio (“chifre”; “chifrinho” e “chifrão”).

Atualmente, a opção mais segura é a aquisição de mudas de viveiros que cumpram os critérios de propagação de boa qualidade. O Brasil possui uma forte

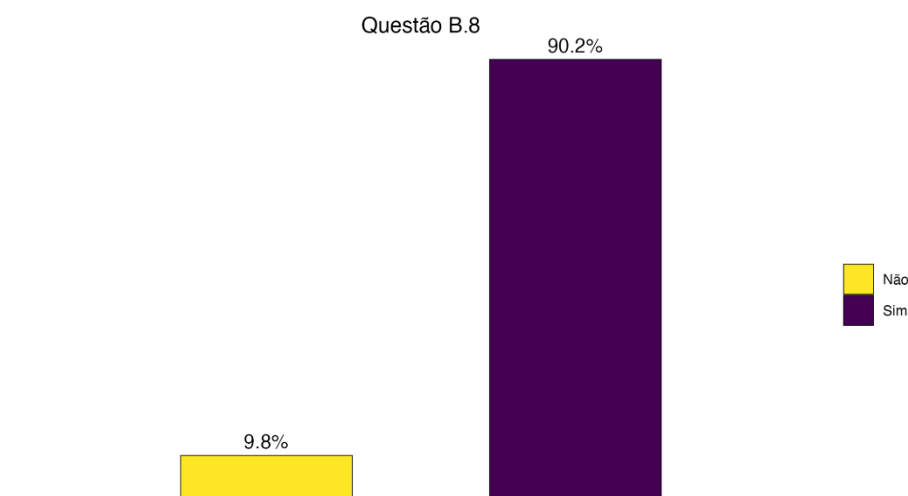
capacidade de pesquisa, especialmente nas áreas de melhoramento genético e cultura de tecidos.

**Figura 24** - Frequência de respostas à questão: “Costuma tirar mudas para a realização de novos plantios/renovação do bananal?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



O fato de que as ferramentas sejam fornecidas aos trabalhadores (Figura 25) é um ponto favorável. A melhoria envolve implementar a desinfestação das ferramentas e demais medidas de biossegurança. Uma prática muito comum na região é a aquisição de máquinas e implementos pelo poder público, as quais são utilizadas para apoiar os pequenos produtores. São rotacionadas de acordo com uma escala, e estes equipamentos não são limpos e desinfestados, carregam um grande volume de solo com enorme potencial disseminador de pragas e doenças. Este modelo será desafiador e exigirá protocolos para o uso correto e seguro.

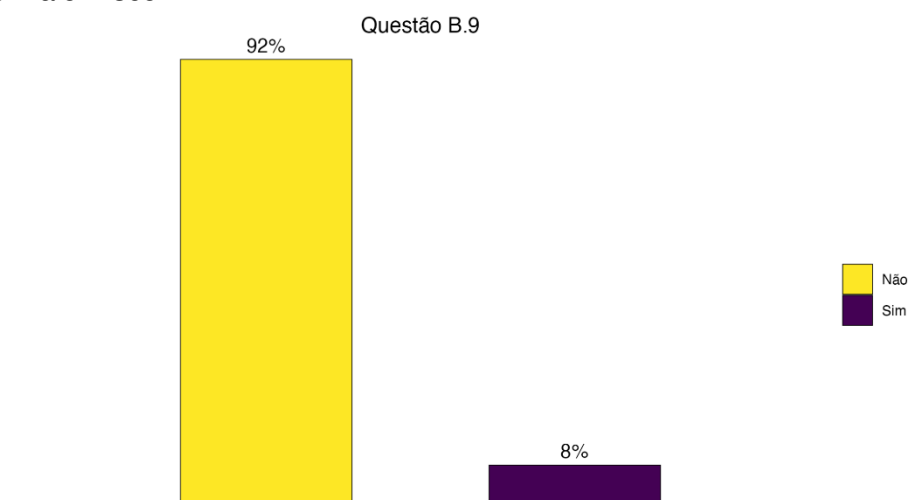
**Figura 25** - Frequência de respostas à questão: “São fornecidas ferramentas aos trabalhadores para realizar atividades na propriedade?” por 387 proprietários de fazendas



de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.

Quase a totalidade das propriedades informou que não fornece as vestimentas para visitantes de áreas de alto risco (Figura 26), isso se deve especialmente ao fato de não receberem visitantes internacionais, como relatado anteriormente (figura 20). E por se tratar de uma praga quarentenária ausente no país, a percepção do risco está relacionada aos locais onde a praga está presente. A região não conta com eventos com público majoritariamente internacional, mas ocorrem eventos muito importantes que reúnem pessoas de todo o país, sendo totalmente desaconselhado visitas aos plantios de banana. Ressalta-se a importância da proteção da porteira para dentro, para isso é preciso conceituar o que são áreas de risco.

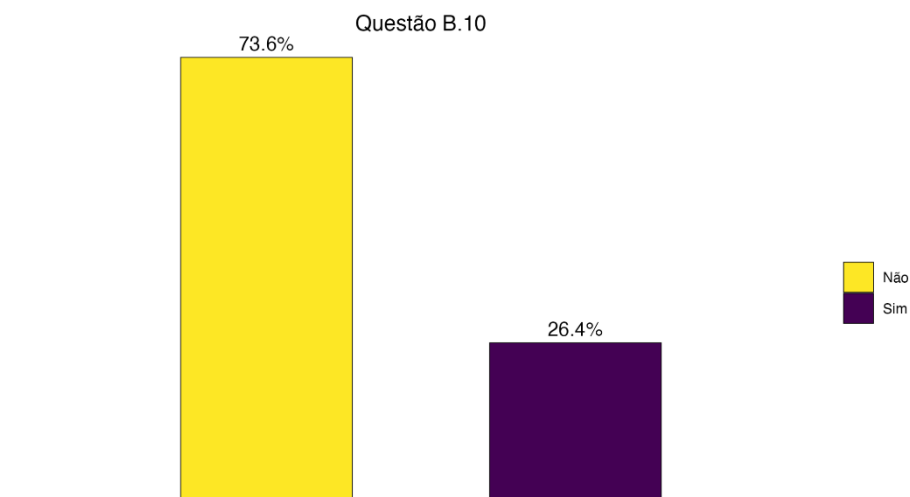
**Figura 26** - Frequência de respostas à questão: “São fornecidos macacões ou roupas para visitantes de áreas de alto risco?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



Apenas 26% dos entrevistados informaram que os funcionários recebem treinamentos sobre pragas e doenças (Figura 27). Os trabalhadores, em virtude de suas atividades corriqueiras estão diariamente na área de produção, treinamentos e reciclagens com informações elementares sobre pragas e doenças, possibilitaria a

identificação precoce de sintomas suspeitos e seu consequente enfrentamento tempestivo.

**Figura 27** - Frequência de respostas à questão: “O pessoal da fazenda recebe treinamento sobre pragas e medidas de biossegurança?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.

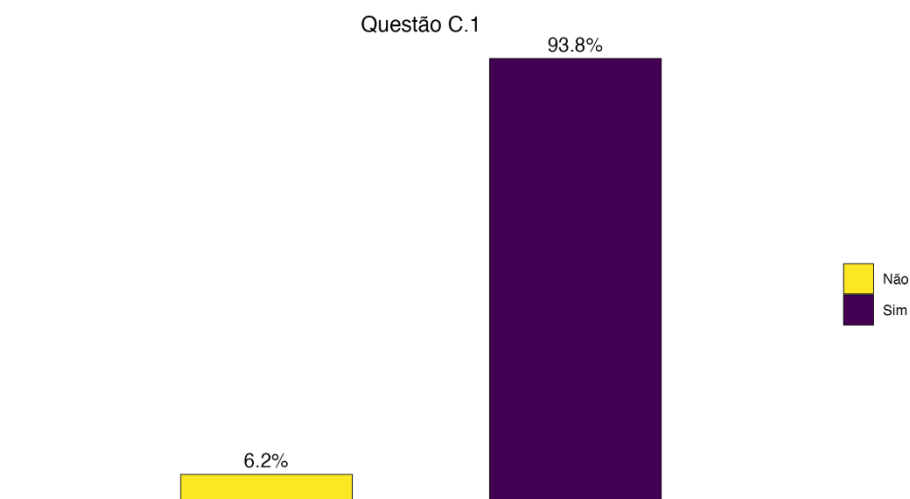


#### 4.4 Categoria de risco: Condição fitossanitária do local (C)

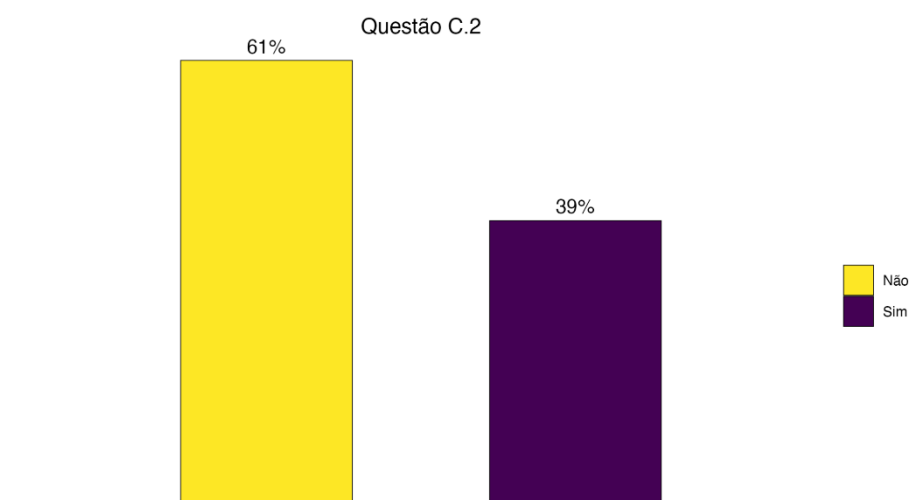
Apesar do Vale do Ribeira se destacar na produção de banana Nanica, o cultivo de banana Prata é muito representativo. Para atender a preferência nacional, a produção desta variedade suscetível à murcha por *Fusarium*, manteve os agricultores familiarizados com os sintomas da doença (Figura 28).

Como os sintomas do Foc R4T são semelhantes aos das raças presentes, torna-se mais desafiadora a detecção precoce. A murcha por *Fusarium* está projetada para afetar 17% da área global de cultivo de banana até 2040 (Staver et al., 2020).

**Figura 28** - Frequência de respostas à questão: “Conhece os sintomas da Fusariose da Bananeira (Mal do Panamá)?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



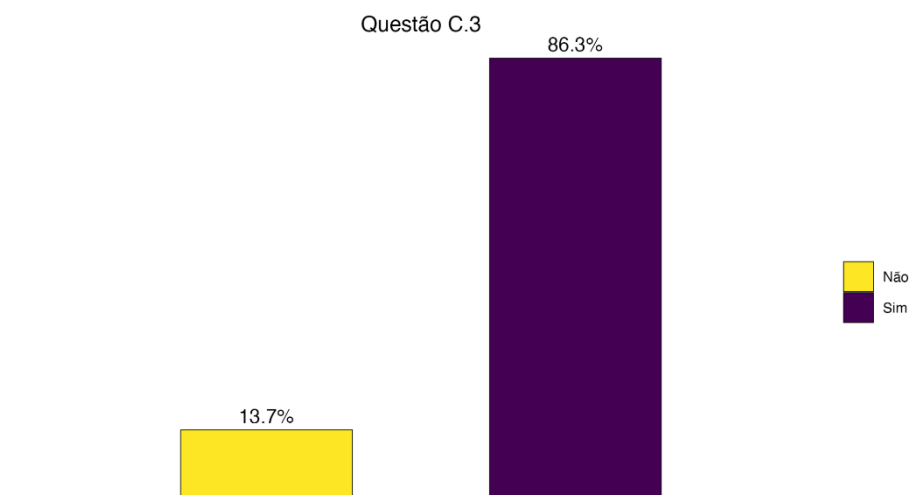
**Figura 29** - Frequência de respostas à questão: “Se afirmativo, já viu esses sintomas em banana Nanica ou Terra?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



Os sintomas na Prata e Maçã são bem conhecidos pelos produtores, em razão da suscetibilidade destas variedades (Figura 30). O cultivo de banana Maçã,

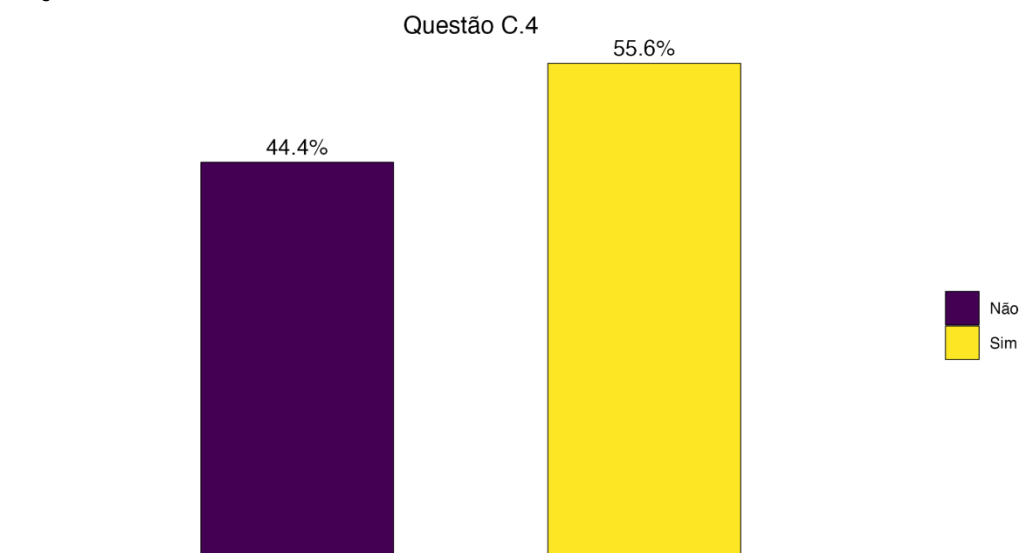
irrisório na região, adquiriu aspectos nômades em razão da necessidade de efetuar frequentemente novos plantios em solos sem o histórico da doença.

**Figura 30** - Frequência de respostas à questão: “Se afirmativo, já viu esses sintomas em banana Prata ou Maçã?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



Uma parte significativa relatou que há presença de plantas com sintomas de Fusarium (Figura 31).

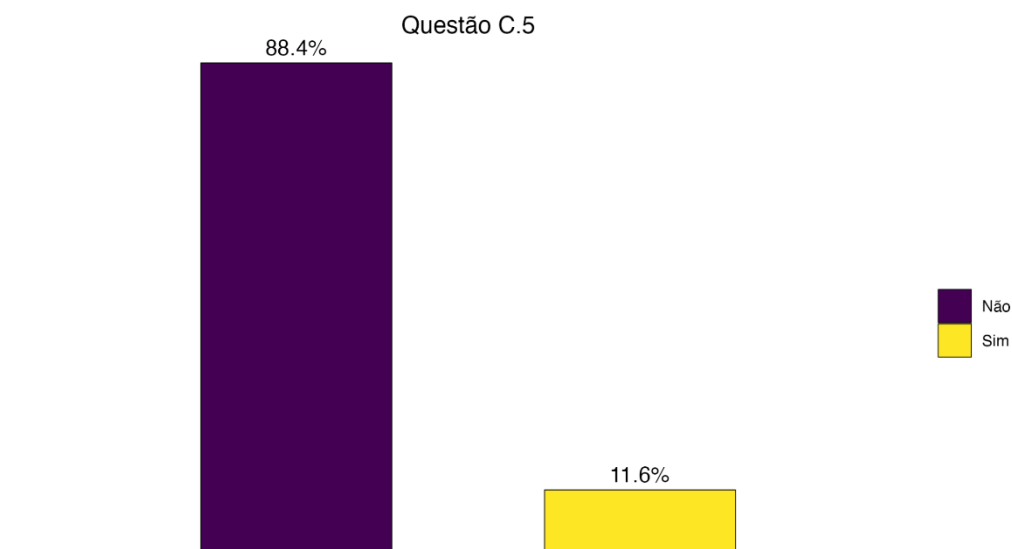
**Figura 31** - Frequência de respostas à questão: “Há presença de plantas suspeitas com Fusarium (Mal do Panamá raças 1 ou 2?)” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



Poucos relataram ter havido epidemia na propriedade (Figura 32), provavelmente devido ao cultivo de Nanica, além da substituição pontual de plantas

doentes por variedades resistentes. Plantas com níveis intermediários de resistência são menos afetadas até certas densidades de inóculo (Dita et al, 2018).

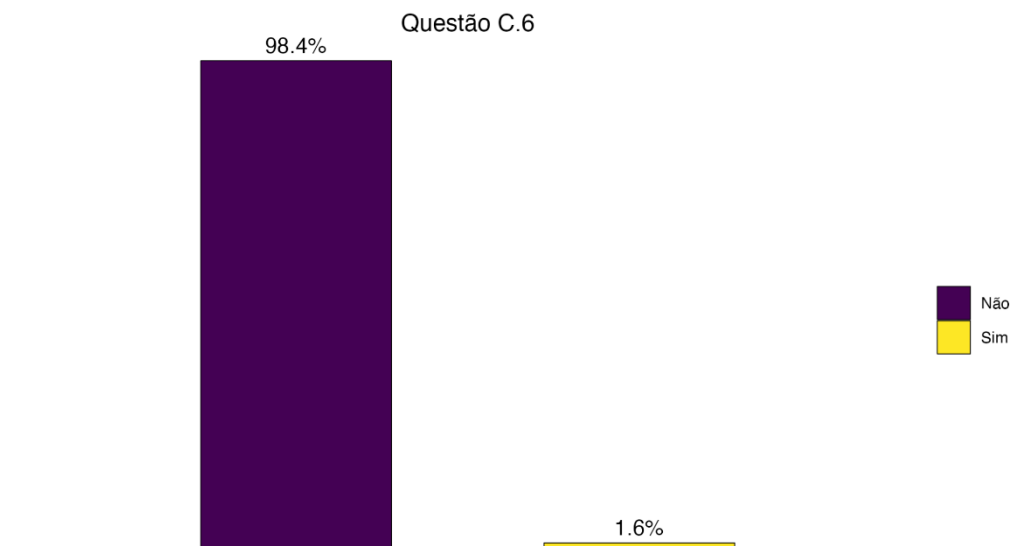
**Figura 32** - Frequência de respostas à questão: “Houve epidemias de Fusarium na propriedade?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



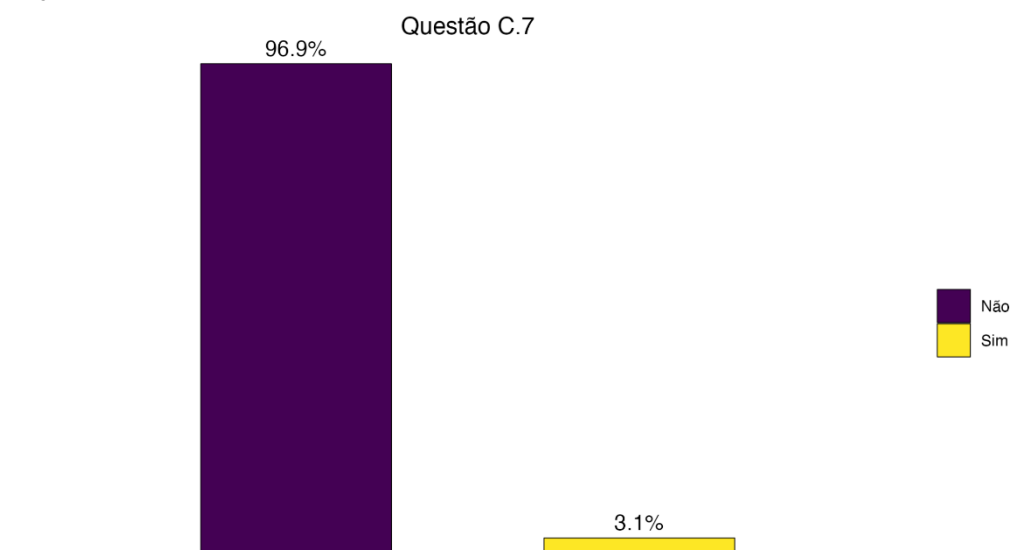
Na bananeira, ocorrem pelo menos quatro doenças do tipo murcha, sendo três de causa biótica e uma de causa abiótica. As murchas bióticas são causadas por *Foc*; *Ralstonia solanacearum* raça 2 (Moko) e *Erwinia carotovora subsp. Carotovora* (podridão mole). A deficiência aguda de potássio, se manifesta em plantas adultas na ocasião do florescimento, e causa sintomas externos que podem ser confundidos com *Foc*.

Alguns produtores responderam que há presença de Moko e *Erwinia* (Figuras 33 e 34), no entanto o Moko é uma praga ausente no estado de São Paulo. Estas informações demonstram a dificuldade na diferenciação dos diagnósticos. A inserção desta pergunta no questionário se justifica pois, em todos os três casos de *Foc* R4T na América Latina, pelo menos uma dessas doenças bacterianas, principalmente podridão mole bacteriana, esteve presente, tanto sozinha quanto em complexos de doenças com *Foc* R4T. (Olivares et al, 2022).

**Figura 33** - Frequência de respostas à questão: “Há presença de plantas suspeitas de Rastonia (Moko) na propriedade?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



**Figura 34** - Frequência de respostas à questão: “Há presença de plantas suspeitas de Erwinia (podridão mole) na propriedade?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.

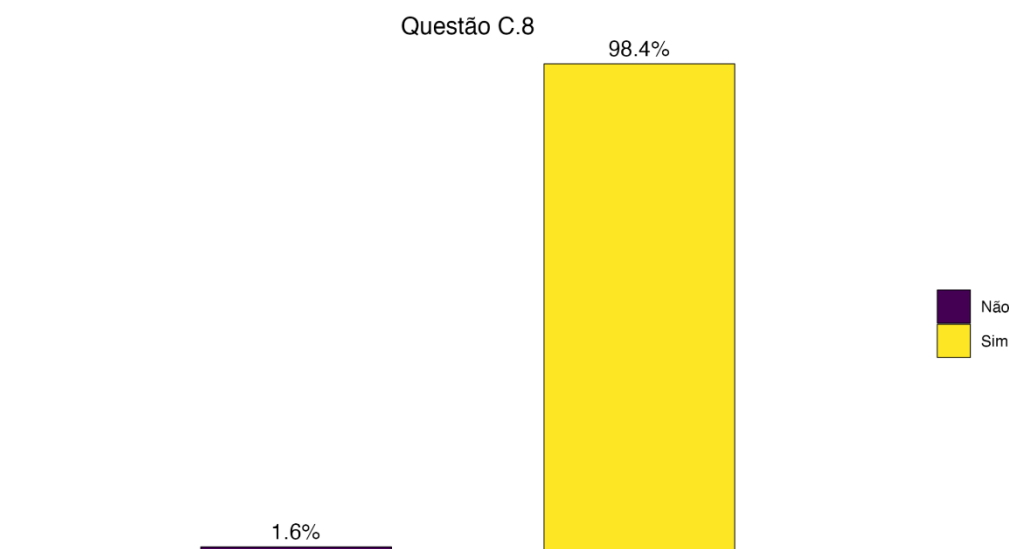


Amplamente distribuído, o Moleque da bananeira (*C. sordidus*) foi relatado por 98,4% dos produtores (Figura 35). O papel desta praga pode ser potencialmente muito importante, uma vez que está intimamente associada à bananeira para alimentação e para oviposição. As larvas deste inseto constroem galerias em todas

as direções do rizoma das plantas, causando inicialmente o amarelecimento das folhas e a redução do tamanho dos cachos (Batista Filho et al., 2005). Além disso, o orifício causado pelo inseto favorece a contaminação da planta por outros agentes externos, como por exemplo, Foc. Já existem informações de que o moleque da bananeira transmite a doença ao se alimentar dos rizomas infectados ou entrem em contato quando vão depositar os ovos em rizomas de plantas infectadas com a doença, carregando os esporos em seu corpo (Heck et al., 2021b).

*C. sordidus* foi evidenciado como um vetor efetivo de Foc por diferentes maneiras. A aquisição do inóculo é rápida e persistente o suficiente para a dispersão efetiva da doença. As estruturas infecciosas de Foc são capazes de permanecer viáveis no sistema digestivo e serem expelidas nas excretas, o risco de infectar plantas ou solos saudáveis é muito alto (Sánchez et al., 2021).

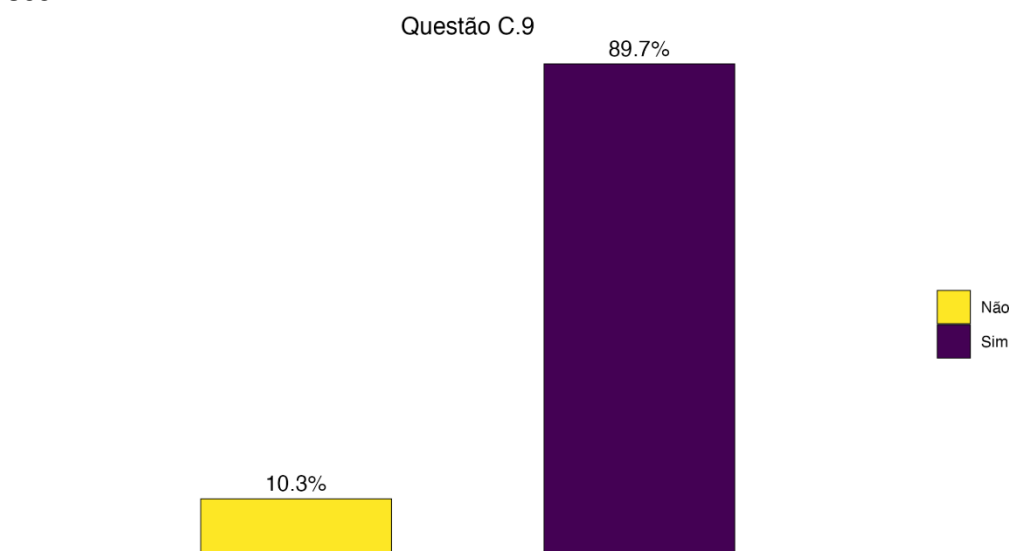
**Figura 35** - Frequência de respostas à questão: “Há presença de broca (moleque da bananeira) na propriedade?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo, Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



O controle do moleque da bananeira é amplamente realizado pelos produtores entrevistados (figura 36).

Recomenda-se o uso de mudas sadias, oriundas de micropropagação em laboratório, pois com as mudas tradicionais, há o risco de levar para a nova área de plantio, insetos adultos ou larvas no interior das mudas (Nomura et al., 2011).

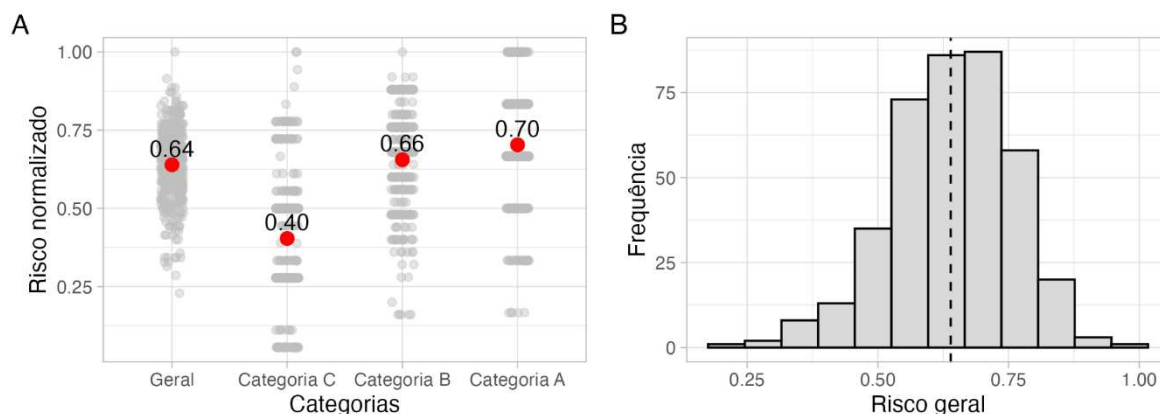
**Figura 36** - Frequência de respostas à questão: “Se afirmativo, realiza o controle da broca (moleque da bananeira)?” por 387 proprietários de fazendas de banana na região do Vale do Ribeira, estado de São Paulo. Brasil. 2024. A cor mais clara representa uma situação de maior risco.



#### 4.5 Índice de risco

O índice risco geral variou de 0.2 a 1.0, com média (mediana) de 0.63 (0.64) (Figura 29 A, B). De maneira geral, o risco foi mais alto na categoria A (localização), quando estratificado. Na categoria A, o risco mínimo foi de 0,16 (04 propriedades) e o risco máximo foi de 1,0 (52 propriedades), com média de 0,70 (mediana = 0.66). Na categoria B (biossegurança), o risco variou de 0.16 a 1, com média (mediana) de 0.66 (0.68). Finalmente, na categoria C (condição fitossanitária), o risco variou de 0.05 a 1, com média (mediana) de 0.40 (0.38) (Figura 37A).

**Figura 37** - Distribuição e média dos valores de risco para introdução e estabelecimento da murcha por *Fusarium* em três categorias (A): Categoria A: localização da propriedade; Categoria B: biossegurança e Categoria C: condições fitossanitárias. Histograma de frequência do risco geral (B) onde a linha pontilhada representa o valor médio (0.64).



O padrão espacial do risco normalizado para cada uma das categorias pode ser observado na Figura 38. Em relação ao risco geral é possível observar um risco alto distribuído uniformemente por todos os municípios (Figura 38A). Porém, a dispersão espacial mostra irregularidades na distribuição do risco isoladamente em cada categoria.

Há uma concentração de propriedades com riscos expressivamente mais altos para a localização na região de Pedro de Toledo e Itariri (Figura 38B). As propriedades estão às margens da rodovia Padre Manoel da Nóbrega, que faz a ligação da baixada santista ao Vale do Ribeira, e próximas às cidades de Peruíbe e Itanhaém. Outros pontos com risco mais alto em Sete Barras e Jacupiranga aparecem próximos aos principais rios.

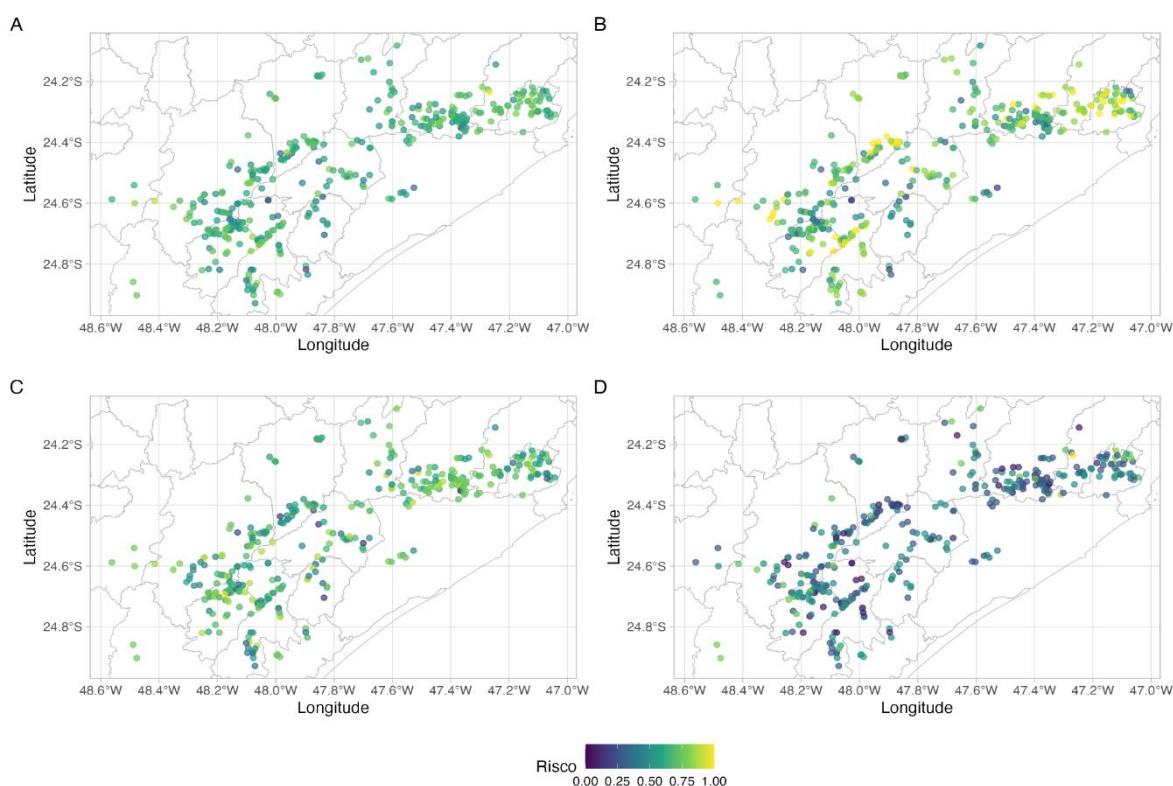
O comércio bananeiro da região, que tem a seu favor excelente posição geográfica das áreas produtoras, e uma extensa rede de comunicação rodoviária, também está em posição de fragilidade em relação a pragas e doenças.

Fatores de risco podem ser minimizados com o conhecimento da epidemiologia da doença, em especial os da “porteira para dentro” que dependem exclusivamente do responsável pela propriedade. Mas alguns não podem ser controlados, como por exemplo as inundações ou mesmo, algum fluxo de pessoas estranhas próximas às propriedades. Há casos em que para acessar uma propriedade é necessário percorrer a área de produção de outra. O isolamento do acesso afetaria as atividades do vizinho.

Identificar e gerenciar fatores de riscos que possam ser controlados é fundamental. O mapa de distribuição do risco para biossegurança (Figura 38C) mostra alguns poucos pontos com risco baixo, sem agregação. As práticas agronômicas que incluem: origem e movimentação de mudas, limpeza das ferramentas agrícolas, treinamento da equipe de trabalho, implantação de medidas de proteção/biossegurança nos limites e dentro dos pomares são essenciais para prevenção.

O conhecimento dos produtores sobre a murcha por *Fusarium* R1/R2, a ausência de Moko da bananeira, e especialmente a área de nanica plantada contribuíram para um risco mais baixo dos aspectos fitossanitários distribuído em toda a região (Figura 38D). Cumpre lembrar que embora os produtores conheçam os sintomas da murcha por *Fusarium*, não implantaram mudanças importantes de manejo, o mais comum é a substituição varietal em caso de foco.

**Figura 38** - Padrão espacial do risco normalizado geral (A), para a categoria A - localização (B), para a categoria B - biossegurança (C) e categoria C - condições fitossanitárias (D) para murcha por *Fusarium* raça 4 Tropical na Região do Vale do Ribeira, SP, Brasil. Cada ponto no mapa representa uma propriedade.



Conforme mostrado nos mapas de hotspot (Figura 39), houve uma variabilidade espacial do risco para todas as categorias aqui consideradas, com dois clusters de produção, um com risco mais baixo e outro com risco mais alto. Os clusters formados refletem características importantes do sistema de produção destes locais. Os padrões de distribuição das propriedades de banana, o tipo de sistemas de cultivo e a proximidade entre grandes rios e áreas de banana são relevantes.

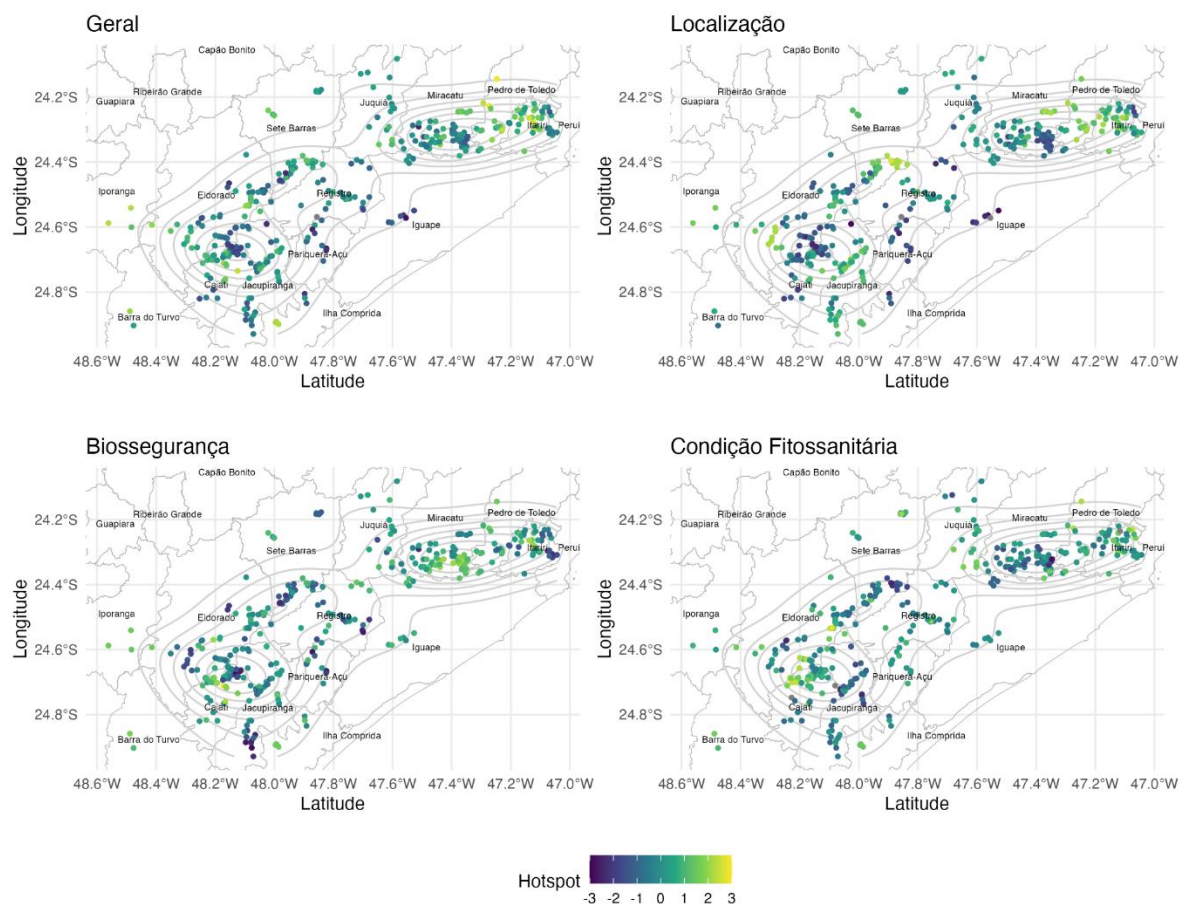
Os municípios com risco mais baixo (Cajati, Jacupiranga, Eldorado) concentram propriedades com menor dependência do Estado para assistência técnica. A introdução da Sigatoka Negra em 2004 forçou a implementação de novas práticas agrícolas, e o atendimento de exigências legais aos que efetuaram o comércio interestadual.

Observa-se uma região com risco mais alto englobando os municípios de Miracatu, Pedro de Toledo e Itariri (Figura 39), evidenciando esta região como prioritária para as ações de prevenção. Nestes locais, muitas propriedades estão situadas em áreas de morro.

As principais vulnerabilidades no setor agrícola decorrem, entre outras, da estrutura da produção agrícola; sistemas insuficientes de monitoramento, vigilância e controle nas fronteiras; sistemas ineficientes para relatar ocorrências incomuns e surtos de doenças; e falta de recursos humanos suficientemente treinados, capazes de reconhecer ou tratar patógenos e doenças transfronteiriços (Anand, 2018).

Nem todas as medidas para manter a exclusão ou erradicação serão alcançáveis aos pequenos agricultores, portanto o planejamento deve ser regional e ainda sim considerar diferenças econômicas e socioculturais em uma mesma região.

**Figura 39** - Mapa de hotspots do risco normalizado geral, para a categoria A- localização, para a categoria B - biossegurança e categoria C - condições fitossanitárias para murcha por *Fusarium* raça 4 Tropical na Região do Vale do Ribeira, SP, Brasil. Cada ponto no mapa representa uma propriedade.



O conhecimento destes aglomerados revela suas limitações. A identificação dos mecanismos que facilitam a entrada e dispersão do Foc R4T numa região pode ser usada como um instrumento para promover o desenvolvimento regional e conduzir as estratégias de implantação das ferramentas de exclusão/contenção.

Em meio à preocupação com a introdução do Foc R4T no Brasil, os produtores ainda enfrentam dificuldades no controle das epidemias de R1/R2, quase 100 anos após sua detecção. A disponibilidade de terras “limpas” e de cultivares resistentes permite ao produtor negligenciar as práticas culturais recomendadas. Segundo dados do Hortifruti Banana, que acompanha 25% da área levantada pelo IBGE, houve aumento da área cultivada com banana de média e alta tecnologia em 2024, sobretudo com Nanica (HFBRASIL/CEPEA, 2025). O incremento em área só

não foi maior devido à retirada de lavouras velhas e afetadas pela Foc R1. A questão principal é como estão sendo implantadas estas áreas. A exclusão deveria ser obrigatória mesmo nesses casos, pois a renovação das áreas com variedades resistentes não deve ser a única forma de manejo. É uma forma de preparação para o enfrentamento do Foc R4t que ronda as fronteiras brasileiras.

A FAO (2023) publicou diretrizes de prevenção, preparação e resposta para Foc R4T (Llauger et al., 2022). As medidas de prevenção incluem: 1) Utilização de mudas sadias e certificadas; 2) Controle de acesso à propriedade (ponto de entrada e saída único); 3) Medidas de biossegurança (uso de ferramentas exclusivas; limpeza de máquinas, ferramentas e calçados); 4) Capacitação de todos os funcionários e visitantes; e 5) Zoneamento (divisão da propriedade em zonas para gerenciar o movimento interno). A abordagem inclui uma infraestrutura com ambientes para troca de calçados, pedilúvios, instalações de lavagem para máquinas e veículos, e instalação de barreiras físicas.

O conceito sugerido foi estabelecido por Kukulies & Velvers (2017) após a detecção do Foc R4T em Queensland, e foi projetado para ajudar os produtores a implementar práticas de biossegurança nas fazendas de banana da Austrália, de forma serem proativos, minimizando os riscos. Este modelo foi adaptado e promovido pela Colômbia e em muitas propriedades para exportação, e embora eficazes essas medidas de biossegurança podem ser impraticáveis para a maioria das áreas de produção de banana (Munhoz et al., 2024).

A FAO sugere no mesmo documento, como estratégia para pequenas propriedades, o agrupamento de produtores para que os investimentos em infraestrutura sejam realizados em conjunto. Este recurso depende do nível de organização dos produtores. Desenvolver um planejamento com produtores que estão organizados em associações, cooperativas e os que participam de programas de aquisições da agricultura familiar para merenda escolar pode ser uma opção.

As cooperativas desempenham um papel crucial na mitigação dos impactos do Foc R4T na indústria bananeira, oferecendo suporte técnico, monitoramento e capacitação aos agricultores (Ritter et al., 2024).

Staver et al., (2023) destacou a dificuldade para manter um programa de biossegurança em um cenário de agricultura familiar com pequenas áreas de

produção de banana, não encontrando as medidas básicas de biossegurança em prática nas propriedades avaliadas, mesmo após treinamento sobre os sintomas e transmissão da doença.

Tendo em consideração o cenário do Vale do Ribeira, o modelo de biossegurança pode ser difícil de concretizar. Boa parte da produção agrícola é realizada por pequenos grupos de trabalhadores com áreas muito pequenas, cuja mão de obra principal é o próprio núcleo familiar. O panorama das propriedades amostradas revela vários desafios. Produtores com área de 1 ha completamente isolados por barreiras naturais, porém sem acesso a qualquer instrução ou assistência técnica. Dezenas de famílias produtoras vivendo em áreas de assentamentos, com os bananais em um layout contíguo, em áreas de morro, com escola, postos de saúde inseridos neste contexto. Nestas áreas torna-se impossível isolar as propriedades e/ou restringir a movimentação de pessoas.

Independente do tamanho da propriedade ou da condição econômica do produtor, os princípios gerais de prevenção ajustados à realidade local devem fazer parte da rotina diária. A erradicação após a entrada é uma medida muito difícil de alcançar ou inviável e muito cara. A prevenção é a medida com maior impacto em relação à eficácia e custo para proteger as propriedades agrícolas, e o sucesso dos programas de vigilância e gestão de pragas depende de ações realizadas na propriedade (Pérez-Vicente, 2015).

Uma vez introduzido o Foc R4T, diversas consequências podem ocorrer, entraves e comprometimento da comercialização, interdição de áreas, além do dano inerente causado à cultura. O plano de contingência é um instrumento estratégico para auxiliar na contenção, erradicação e manejo de pragas quarentenárias e deve ser elaborado de forma preventiva, antes da entrada e estabelecimento de uma praga (Ebbels, 2003).

Planos nacionais de contingência têm sido publicados por diversos países, e tiveram como guia o plano de contingência desenvolvido pelo Organismo Internacional Regional de Sanidade Agropecuária - OIRSA (DITA et al, 2013). A abordagem para conter um surto hipotético, toma como exemplo uma monocultura de banana, em áreas planas, e propõe três áreas com tamanhos diferentes para a aplicação de medidas fitossanitárias que visam a contenção.

Área de quarentena com a destruição de plantas infestadas com ou sem sintomas (Zona A:100 m<sup>2</sup>); Uma zona tampão com eliminação de plantas utilizando herbicidas (Zona B: 2500 m<sup>2</sup>) e Uma zona de segurança (Zona C: 10.000 m<sup>2</sup>). No caso de vários focos, um número igual de áreas de quarentena deverá ser delimitado, e eventualmente ocorrerá uma sobreposição. A essência da abordagem proposta são os procedimentos associados a cada zona e não à área em si (Munhoz et al., 2024).

Não há tratamentos químicos ou biológicos, como fungicidas ou fumigantes do solo, que destruam ou eliminem completamente os esporos fúngicos. A amônia é um composto químico de comprovada ação tóxica sobre microrganismos de solo, e quando incorporada ao solo, reduz a população de certos fungos pela volatilização da amônia após a hidrólise (Tsao & Oster, 1981). Na contenção do Foc R4T na Austrália, a uréia foi utilizada para reduzir a população do fungo no solo. Os ensaios de campo realizados na Austrália demonstraram que, após 15 dias, a população de Foc no solo afetado tratado com uréia era 98,6% inferior em comparação com o solo não tratado nas zonas afetadas, e após 6 semanas, nenhuma estrutura viável de Foc foi encontrada nos tecidos vegetais ensacados com ureia (Pegg et al.,2019).

O território brasileiro tem dimensões continentais, e possui diversos polos de produção com suas características específicas, além dos locais onde a produção é para subsistência. Um plano de ação único para todo o país pode ser impraticável. A magnitude de um programa de erradicação de focos exige uma revisão detalhada da disponibilidade de recursos como equipamentos, ferramentas, das habilidades específicas para a execução das ações a serem implementadas, e demanda particular atenção com a preservação ambiental e cultural.

No caso do Vale do Ribeira, além de possuir uma grande reserva de mata atlântica, a região abriga a maior parte das comunidades quilombolas do Estado, bem como importantes comunidades indígenas e caiçaras, que detêm um conhecimento tradicional no manejo e preservação dos recursos naturais regionais. Nesse contexto, esta técnica que só é viável para tratar pequenos focos que são detectados a tempo, terá seu uso ainda mais limitado, pois em maior escala, os níveis extremamente altos de uréia podem causar problemas ambientais pela lixiviação de grandes quantidades de compostos nitrogenados.

O alcance do impacto da doença é grande e proporcional à contenção e à capacidade financeira do produtor de enfrentar perdas simultâneas de rendimento e aumento dos custos de produção (Martinez et al., 2023).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A localização das propriedades agrícolas é um dos principais fatores de risco, devido à proximidade com rodovias movimentadas, áreas urbanas e cursos d'água, que poderiam atuar como vetores na disseminação do patógeno. Além disso, observou-se que 95% das propriedades não adotam medidas de biossegurança, o que amplia significativamente a possibilidade de introdução do Foc R4T.

Diante dos resultados obtidos, torna-se imprescindível a implementação de medidas estratégicas para prevenção e mitigação dos riscos. O fortalecimento da biossegurança nas propriedades, o monitoramento intensivo nas áreas de maior risco e a capacitação dos produtores são ações fundamentais para evitar a introdução da praga. Além disso, recomenda-se a criação de protocolos sanitários para a produção e trânsito de mudas.

Portanto, para enfrentar esse desafio, é necessário promover uma proposta integrada entre a gestão estadual e os municípios, visando à criação de um movimento inicial de conscientização dos gestores. A implementação de medidas de biossegurança depende não apenas do custo por hectare, mas também da profissionalização dos produtores, da competência na gestão de todas as atividades, da organização da rotina e da capacidade de superar os desafios da administração rural.

Foram reveladas fragilidades significativas na biossegurança das propriedades do Vale do Ribeira, aumentando o risco de introdução e disseminação do *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raça 4 Tropical (Foc TR4). A análise identificou que a proximidade com rodovias, rios e áreas urbanas, aliada à baixa adoção de medidas preventivas, torna a região altamente vulnerável. Municípios como Miracatu, Pedro de Toledo e Itariri foram classificados como áreas prioritárias para ações preventivas.

Diante desse cenário, estratégias como a capacitação de produtores, o fortalecimento de políticas públicas e a implementação de protocolos de

biossegurança são essenciais para mitigar os riscos. O estudo fornece subsídios técnicos para tomada de decisão e destaca a urgência de medidas eficazes para proteger a bananicultura regional.

## REFERÊNCIAS

ACUÑA, R.; ROUARD, M.; LEIVA, A. M.; MARQUES, C.; OLORTEGUI, J. A.; URETA, C.; CABRERA-PINTADO, R. M.; ROJAS, J. C.; LOPEZ-ALVAREZ, D.; CENCI, A.; CUELLAR, W. J.; DITA, M. First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 causing Fusarium wilt in cavendish bananas in Peru. **Plant Disease**, v. 106, n. 8, p. 2268, 2022.

ANAND, M. A Systems Approach to Agricultural Biosecurity. **Health Security**, v. 16, n. 1, p. 58–68, 2018. <https://doi.org/10.1089/hs.2017.0035>.

BATISTA FILHO, A.; TAKADA, H.M.; RAGA, A.; SATO, M.E.; CARVALHO, A.G. Controle Biológico da Broca da Bananeira. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 8., 2005, Registro, SP. Anais [...]. Registro: 2005. p. 1-9.

BANCROFT, J. Report of the board appointed to enquire into the cause of disease affecting livestock and plants. **Votes Proc.**, v. 3, p. 1011–1038, 1876.

BLOMME, G.; KEARSLEY, E.; OCIMATI, W.; DITA, M. Marchitamiento por *Fusarium* del banano: Manual de capacitación. Version 1. Roma: **Bioversity International**, 2024. 85 p. ISBN 978-92-9255-324-1.

BOSMAN, M. Role of the Environment on the Incidence of Panama Disease in Bananas. **Wageningen: Wageningen University**, 2016. p. 12–68.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 30, de 5 de junho de 2020.** Dispõe sobre as diretrizes para prevenção e vigilância de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* raça 4 tropical (Foc R4T). *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 109, p. 5, 9 jun. 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-30-de-5-de-junho-de-2020-260854899>. Acesso em: 11 fev. 2025.

BUDDENHAGEN, I. Understanding strain diversity in *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* and history of introduction of 'tropical race 4' to better manage banana production. In: Proceedings of the III International Symposium on Banana: ISHS-ProMusa Symposium on Recent Advances in Banana Crop Protection for Sustainable, 2007. p. 193-204.

CHIODI, R. E.; ALMEIDA, G. F. DE; ASSIS, L. H. B. DE. **O Mercado Convencional da Banana: sujeição da agricultura familiar no Vale do Ribeira-SP. Desenvolvimento em Questão**, v. 18, n. 50, p. 146–165, 2 jan. 2020.

CORDEIRO, Z. J. M. Introdução. In: *Banana Produção: aspectos técnicos*. Brasília, DF: Embrapa, 2000. p. 9. (Frutas do Brasil).

CORDEIRO, Z. J. M.; AMORIM, L.; KIMATI, H. Doenças da bananeira. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Eds.). *Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. 4. ed. São Paulo: **Agrônoma Ceres**, 2005. p. 113-134.

EBBELS, D. L. **Principles of plant health and quarantine**. London: CABI Publishing, 2003. 302 p.

DITA, M.; ECHEGOYÉN RAMOS, P. E.; PÉREZ VICENTE, L. F. Plan de Contingencia Ante un Brote de la Raza 4 Tropical de *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* en un país de la región del OIRSA. 2013.

DITA, M.; BARQUERO, M.; HECK, D.; MIZUBUTI, E. S.; STAVAR, C. P. *Fusarium* wilt of banana: current knowledge on epidemiology and research needs toward sustainable disease management. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, p. 1468, 2018.

DITA, M.; TEIXEIRA, L.A.J.; O'NEILL, W.; PATTISON, A.B.; WEINERT, M.P.; LI, C.Y.; ZHENG, S.J.; STAVAR, C.; THANGAVELU, R.; VILJOEN, A. Current state of *Fusarium* wilt of banana in the subtropics. *Acta Horticulturae*, v. 1272, p. 45-56, 2020. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2020.1272.7>.

FAO. **Biossegurança em alimentos e agricultura. Relatório sobre a 17ª Sessão do Comitê sobre Agricultura, Roma, 31 de março–4 de abril de 2003**. 2003. Disponível em: <http://www.fao.org/DOCREP/MEETING/006/Y8453E.HTM>. Acesso em: 25 jan. 2025.

FAOSTAT. **Crops and livestock products**. 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 25 jan. 2025.

FURTADO, E. L.; BUENO, C. J.; OLIVEIRA, A. L.; MENTEN, J. O. M.; MALAVOLTA, E. Relações entre ocorrência do Mal-de-Panamá em bananeira da cv. Nanicão e nutrientes no solo e nas folhas. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, n. 4, 2009.

GARCÍA-BASTIDAS, F. A.; QUINTERO-VARGAS, J. C.; AYALA-VASQUEZ, M.; SCHERMER, T.; SEIDL, M. F.; SANTOS-PAIVA, M.; NOGUERA, A. M.; AGUILERA-GÁLVEZ, C.; WITTENBERG, A.; HOFSTEDE, R.; SØRENSEN, A.; KEMA, G. H. J. First report of *Fusarium* wilt Tropical Race 4 in Cavendish bananas caused by *Fusarium odoratissimum* in Colombia. **Plant Disease**, v. 104, n. 3, p. 994-994, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-19-1922-PDN>.

GONZALEZ, A.; CARDENAS, J. **Curso Internacional de Actualización Sobre la Marchitez por *Fusarium* de las Musáceas, Raza 4 Tropical**. Senasag: La Paz, Bolívia, 2022.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. FUNDO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS (FEHIDRO); COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO RIBEIRA DE IGUAPE E LITORAL SUL (CBH-RB). **Elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Ribeira de Iguape e Litoral Sul – UGRHI 11: relatório I**. Projeto FEHIDRO RB-278/2014. Registro, 2016. 182 p.

GUILLEN SÁNCHEZ, C.; TIXIER, P.; TAPIA FERNÁNDEZ, A.; CONEJO BARBOZA, A. M.; SANDOVAL FERNÁNDEZ, J. A.; DE LAPEYRE DE BELLAIRE, L. Can the banana weevil *Cosmopolites sordidus* be a vector of *Fusarium oxysporum* f.sp.

cubense race 1? Unravelling the internal and external acquisition of effective inoculum. *Pest Management Science*, v. 77, n. 6, p. 3002–3012, 2021.

HECK, D. W.; ALVES, G.; MIZUBUTI, E. S. G. Weevil Borers Affect the Spatio-Temporal Dynamics of Banana **Fusarium Wilt**. *Journal of Fungi*, v. 7, n. 5, p. 329, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof7050329>.

HECK, D. W.; DITA, M.; PONTE, E. M. D.; MIZUBUTI, E. S. G. Incidence, Spatial Pattern and Temporal Progress of Fusarium Wilt of Bananas. *Journal of Fungi*, v. 7, n. 8, p. 646, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3390/jof7080646>.

HERNÁNDEZ, Y.; MAGDAMA, F.; MOSTERT, D.; BOTHMA, S.; EM, P. S.; TERÁN, D.; GONZÁLEZ, E.; ANGULO, R.; ANGEL, L.; RODRÍGUEZ, Y.; ORTEGA, R.; VILJOEN, E.; MARYS, E. E. First report of Fusarium wilt of Cavendish bananas caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Tropical Race 4 in Venezuela. *Plant Disease*, v. 107, n. 10, p. 3297, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-23-0781-PDN>.

HFBRASIL/CEPEA. **Anuário revista HF Brasil 2024-2025**. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/revista.aspx>. Acesso em: 25 jan. 2025.

HFBRASIL/CEPEA. **Exportações brasileiras de banana**. 2025. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/no9149>. Acesso em: 25 jan. 2025.

HFBRASIL/CEPEA. O mercado brasileiro de banana: uma visão interna e externa. 2024. Disponível em: <https://hfbrasil.org.br/upload/kceditor/files/Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20Hortifrutif%20Cepea%20Ja%C3%ADba%202024.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2025.

HWANG, S. C.; KO, W. H. Cavendish banana cultivars resistant to Fusarium wilt acquired through somaclonal variation in Taiwan. *Plant Disease*, v. 88, p. 580-588, 2004.

IBARRA-ZAPATA, E.; AGUIRRE-SALADO, C. A.; MIRANDA-ARAGÓN, L.; ESCOTO-RODRÍGUEZ, M.; LOREDO-OSH, C.; MORA AGUILERA, G.; CASIANO-DOMÍNGUEZ, M.; AGUIRRE-SALADO, A. I.; RAMOS-MÉNDEZ, C.; VILLEGAS-JIMÉNEZ, N.; URÍAS-MORALES, C. R.; GONZÁLEZ-GÓMEZ, R. Análisis geoespacial fitosanitario de la Fusariosis de las Musáceas a nivel global, con énfasis en América Pantropical. *Investigaciones Geográficas Boletín del Instituto de Geografía*, n. 106, 30 nov. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção agrícola-lavoura permanente. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/banana/br>. Acesso em: 23 dez. 2024.

IEA. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/index.php>. Acesso em: 2024.

KUKULIES, T.; VELVERS, S. **Banana best management practices**: On-farm biosecurity. South Johnstone, 2017.

LICHTEMBERG, L. A.; FARIA, S. Avanços na bananicultura brasileira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. spe1, p. 29–36, 1 out. 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500005>.

LLAUGER, R.; PERALTA, E. L.; LÓPEZ, V.; LÓPEZ, D.; BRUNEL, S.; DUSUNCELI, F. *Regional Strategy and Action Plan for the Prevention, Preparedness, Response, and Recovery of Latin America and the Caribbean to Fusarium Wilt of Musaceae Tropical Race 4*. FAO: Panama City, Panama, 2022. 81 p.

LUPA/SAA. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Instituto de Economia Agrícola. Coordenadoria de Desenvolvimento Rural Sustentável. *Projeto LUPA 2016: Censo Agropecuário do Estado de São Paulo*. São Paulo: SAA; IEA; CDRS, 2016.

MACHARDY, W. E.; BECKMAN, C. H. Vascular wilt Fusaria: infection and pathogenesis. In: NELSON, P. E.; TOUSSON, T. A.; COOK, R. J. (Eds.). *Fusarium Diseases, Biology and Taxonomy*. University Park: The Pennsylvania State University Press, p. 365-390.

MAHARACHCHIKUMBURA, S. S. N.; HYDE, K. D.; JONES, E. B. G.; MCKENZIE, E. H. C.; HUANG, S. K.; ABDEL-WAHAB, M. A.; DARANAGAMA, D. A.; DAYARATHNE, M. J.; GOONASEKARA, I. D.; HONGSANAN, S.; JAYAWARDENA, R. S.; KIRK, P. M.; KONTA, S.; LIU, J.; LIU, Z.; NORPHANPHOUN, C.; PANG, K.; PERERA, R. H.; SENANAYAKE, I. C.; SHANG, Q.; SHENOY, B. D.; XIAO, Y.; BAHKALI, A. H.; KANG, J.; SOMROTHIPOP, S.; SUETRONG, S.; WEN, T.; XU, J. Towards a natural classification and backbone tree for Sordariomycetes. **Fungal Diversity**, v. 72, p. 199-301, 2015.

MARTÍNEZ, G.; OLIVARES, B. O.; REY, J. C.; ROJAS, J.; CARDENAS, J.; MUENTES, C.; DAWSON, C. The Advance of Fusarium Wilt Tropical Race 4 in Musaceae of Latin America and the Caribbean: **Current Situation. Pathogens**, v. 12, n. 2, p. 277, 8 fev. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/pathogens12020277>. Acesso em: [data de acesso].

MARTÍNEZ-DE LA PARTE, E.; MEIJER, H. J. G.; GUZMÁN-QUESADA, M.; CARR-RODRIGUEZ, C.; MASIS-JIMÉNEZ, S.; PÉREZ-VICENTE, L.; KEMA, G. H. J. Tropical Race 4 and Race 1 strains causing Fusarium wilt of banana infect and survive in Heliconia species and ornamental bananas. *European Journal of Plant Pathology*, v. 171, p. 157-166, 2025. <https://doi.org/10.1007/s10658-024-02946-6>.

MARYANI, N.; LOMBARD, L.; POERBA, Y. S.; SUBANDIYAH, S.; CROUS, P. W.; KEMA, G. H. J. Phylogeny and genetic diversity of the banana Fusarium wilt pathogen *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* in the Indonesian centre of origin. **Studies in Mycology**, v. 92, p. 155-194, mar. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166061618300307>. Acesso em: 23 dez. 2024.

MATOS, A. P.; SILVA, F. F.; OLIVEIRA, J. C.; SOUZA, R. T.; FERREIRA, M. A.; COSTA, L. M.; BARROS, D. F.; MOREIRA, P. H. **Characterisation of isolates of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* into vegetative compatibility groups in Brazil**. In: *Global Perspectives on Asian Challenges*. ISHS/Promusa Banana

Symposium. ISHS/Promusa, p. 39, 2009. Disponível em: <http://www.promusa.org>. Acesso em: 23 dez. 2024.

MELDRUM, R. A.; DALY, A. M.; TRAN-NGUYEN, L. T. T.; AITKEN, E. A. B. Are banana weevil borers a vector in spreading *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* tropical race 4 in banana plantations? **Australasian Plant Pathology**, v. 42, n. 5, p. 543–549, 11 maio 2013. <https://doi.org/10.1007/s13313-013-0214-2>.

MINGOTI, R. et al. Mapeamento territorial estratégico de potenciais rotas de risco de dispersão da praga *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*, raça 4 tropical em TRL8. Campinas, SP: **EMBRAPA**, 2023.

MUNHOZ, T. et al. Fusarium Tropical Race 4 in Latin America and the Caribbean: status and global research advances towards disease management. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, 16 jul. 2024. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1397617>.

NOMURA, E. S.; FUZITANI, E. J.; DAMATTO JÚNIOR, E. R. Broca da bananeira - perigo “invisível”. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 8, n. 2, p. 234-241, jul.-dez. 2011.

PEGG, K. G. et al. The epidemiology of Fusarium wilt of banana. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, 20 dez. 2019. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01395>.

PÉREZ-VICENTE, L. Bioseguridad a nivel de las fincas plataneras: el camino futuro para la reducción del riesgo de introducción de enfermedades exóticas. **Revista de Protección Vegetal**, v. 30, p. 111, 1 dez. 2015.

PLATAFORMA REGIONAL DE COORDENAÇÃO INTERAGENCIAL R4V. Disponível em: <https://www.r4v.info/pt/brazil>. Acesso em: 23 dez. 2024.

PLOETZ, R. C. Fusarium wilt of banana is caused by several pathogens referred to as *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. **Phytopathology**®, v. 96, n. 6, p. 653–656, jun. 2006. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0653>.

PLOETZ, R. C. Management of Fusarium wilt of banana: a review with special reference to tropical race 4. **Crop Protection**, v. 73, p. 7–15, jul. 2015. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.01.007>.

PROMUSA. *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense*. Disponível em: [https://www.promusa.org/Fusarium%20oxysporum%20f.%20sp.%20cubense?utm\\_source=chatgpt.com#Races](https://www.promusa.org/Fusarium%20oxysporum%20f.%20sp.%20cubense?utm_source=chatgpt.com#Races). Acesso em: 23 dez. 2024.

RITTER, T.; MARTEY, E.; MOCKSHELL, J. Fusarium Tropical Race 4 Prevention Methods: A Socioeconomic and Cost Benefit Analysis. **PLOS ONE**, 2024. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0311243>. Acesso em: 05 fev. 2025.

RISHBETH, J.; NAYLOR, A. G. Fusarium wilt of bananas in Jamaica: III. Attempted control. **Annals of Botany**, v. 21, p. 599–609, 1957.

ROQUE, A. A.O.; DRUGOWICH, M.I. Geotecnologias no acompanhamento da bananicultura na região de Registro. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015,

**INPE.** Disponível em: <https://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0227.pdf>. Acesso em: 23 dez. 2024.

SANTOS-SEREJO, J. A. O agronegócio da banana. Brasília: **EMBRAPA**, 2016.

SEADE. **Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados.** Disponível em: <https://populacao.seade.gov.br/populacao-urbana-e-rural/>. Acesso em: 23 dez. 2024.

SENASA. Declaran Emergencia Fitosanitaria en todo el Territorio Nacional ante la Presencia de la Plaga *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Raza 4 Tropical. **Dirección de Sanidad Vegetal del Servicio Nacional de Sanidad Agraria**, Lima, Peru, 2021. Resolución Jefatural N° 0048-2021-MIDAGRI-SENASA. Disponível em: <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1942722-1>. Acesso em: 23 dez. 2024.

SIMMONDS, J. G. A set of simple, accurate equations for circular cylindrical elastic shells. **International Journal of Solids and Structures**, v. 2, n. 4, p. 525–541, 1966.

SMITH, F. A. Cuban banana disease. **Science**, v. 31, p. 746–757, 1910. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.31.802.746>. Acesso em: 11 fev. 2025.

SOUZA, A. de O.; PEREZ FILHO, A. Aplicação do Ksn Index e do SL Index no estudo dos knickpoints no perfil longitudinal do rio Ribeira de Iguape-SP. **Revista do Departamento de Geografia**, v. esp., n. 10, p. 208-217, 2017.

STAVER, C. et al. Biosecurity for small growers of local and organic export banana in Peru – seeking synergies with food safety and ecological intensification. **Acta Horticulturae**, n. 1367, p. 259–268, 1 maio 2023. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2023.1367.30>. Acesso em: [data de acesso].

STAVER, C. et al. Ex ante assessment of returns on research investments to address the impact of Fusarium Wilt Tropical Race 4 on global banana production. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, p. 1–14, 2020.

STOVER, R. H. Fusarium wilt of banana: some history and current status of the disease. In: PLOETZ, R. C. (Ed.). *Fusarium wilt of banana*. St. Paul, MN, USA: **APS Press**, 1990. p. 1–7. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:82489906>.

STOVER, R. H.; BUDDENHAGEN, I. W. Banana breeding: polyploidy, disease resistance and productivity. **Fruits**, v. 41, n. 3, p. 175–191, 1986.

TSAO, P. H.; OSTER, J. J. Relation of ammonia and nitrous-acid to suppression of phytophthora in soils amended with nitrogenous organic-substances. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 71, n. 1, p. 53–59, 1981. [https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1981Articles/Phyto71n01\\_53.pdf](https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1981Articles/Phyto71n01_53.pdf). Acesso em: 23 dez. 2024.

WAAGE, J. K.; MUMFORD, J. D. Agricultural biosecurity. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 363, n. 1492, p. 863–876, 27 fev. 2008. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2188>.

WAITE, B. H. Vascular disease of abaca or Manila hemp in Central America. **Plant Disease Reporter**, v. 38, p. 575–578, 1954.